

**QUANTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL  
PARTICULADO TOTAL AO QUAL O PRODUTOR ESTÁ EXPOSTO NO  
PROCESSO DE DESCARREGAMENTO NOS FORNOS TRADICIONAIS  
DE CARVÃO VEGETAL NO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU/SC**

**Marjana Cavalleri**

**Orientador: Me. Roberth Andrés Villazón Montalván  
Co-orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto**



Marjana Cavalleri

**QUANTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL  
PARTICULADO TOTAL AO QUAL O PRODUTOR ESTÁ  
EXPOSTO NO PROCESSO DE DESCARREGAMENTO NOS  
FORNOS TRADICIONAIS DE CARVÃO VEGETAL NO  
MUNICÍPIO DE BIGUAÇU/SC**

Trabalho submetido à Banca  
Examinadora como parte dos  
requisitos para a Conclusão do Curso  
de Graduação em Engenharia Sanitária  
e Ambiental

Orientador: Me. Roberth Andrés  
Villazón Montalván

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Cátia  
Regina Silva de Carvalho Pinto

Florianópolis - Santa Catarina  
Novembro, 2015.

Cavalleri, Marjana

Quantificação da concentração de material particulado total ao qual o produtor está exposto no processo de descarregamento nos fornos tradicionais de carvão vegetal no município de Biguaçu/SC / Marjana Cavalleri ; orientador, Me. Roberth Andrés Villazón Montalván ; coorientadora, Prof.<sup>a</sup> Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto. - Florianópolis, SC, 2015.

97 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. material particulado. 3. carvão vegetal. 4. amostragem por filtros. 5. limite de tolerância. I. Andrés Villazón Montalván, Me. Roberth . II. Silva de Carvalho Pinto, Prof.<sup>a</sup> Dra. Cátia Regina . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**QUANTIFICAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO  
TOTAL AO QUAL O PRODUTOR ESTÁ EXPOSTO NO PROCESSO DE  
DESCARREGAMENTO NOS FORNOS TRADICIONAIS DE CARVÃO VEGETAL  
NO MUNICÍPIO DE BIGUAÇU/SC**

MARJANA CAVALLERI


Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos  
requisitos para a Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental

BANCA EXAMINADORA



---

Me. Roberth Andrés Villazón Montalván  
(Orientador)



---

Prof. Dr. Guilherme Farias Cunha  
(Membro da Banca)



---

Me. Gisele Francioli Simioni  
(Membro da Banca)

Florianópolis - Santa Catarina  
Novembro, 2015.



Dedico, com todo o meu amor, aos meus pais Antônio Cavalleri e Gema Giroto Cavalleri.





## AGRADECIMENTOS

Um ciclo se encerra e no decorrer dele e na minha vida devo gratidão a cada momento e pessoa que fez dele o melhor que poderia ter sido.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, que de forma comprometida e de grande preocupação com a temática ambiental, junto com seus professores, possibilitou-me o acesso aos ensinamentos interdisciplinares que orientam a presente pesquisa.

Aos agricultores de Biguaçu, pela colaboração, gentileza e confiança no trabalho.

Ao CNPq, pelo financiamento desta pesquisa, através do processo N° 404039/2013-8.

Ao Prof. Marcelo Maraschin pela generosidade em disponibilizar as instalações do Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal da UFSC para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Me. Roberth Andrés Villazón Montalván, meu orientador, que de forma paciente e convicto da relevância do tema deste trabalho, procurou me estimular e prosseguir diante das dificuldades encontradas.

À Prof.<sup>a</sup> Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, minha coorientadora, pela oportunidade e coorientação.

Ao Prof. Dr. Guilherme Farias Cunha e a Me. Gisele Francioli Simioni, por gentilmente terem aceitado fazer parte da minha banca.

À minha mãe Gema, por ser a minha referência de persistência e minha base de valores, por todas as tuas orações, por todos os teus "volta pra casa filha", que surtiam sempre com efeito inverso, me desafiando a continuar. Por sofrer as minhas decepções e comemorar as minhas conquistas como se fossem as tuas. Muito obrigada mãe, pelo tempo e amor que me dedicas todos os dias!

Ao meu pai Antônio, pelos ensinamentos, valores, apoio e suporte em todas as minhas escolhas. Por acreditar em mim mais do que eu mesma e por não me deixar desistir dos meus sonhos. Obrigada pai, por todo amor que me oferece!

À minha irmã Taciane e cunhado Janecir Megiolaro pelo carinho e amor em que demonstravam em todas as minhas voltas para o RS, nunca deixando de vir ao meu encontro. Obrigada, pelas palavras de apoio e incentivo, acreditando comigo que essa etapa da minha vida seria vencida com sucesso.

Aos meus sobrinhos Maylan e Dean Megiolaro que nos momentos de ausência dedicados ao estudo superior, sempre

entenderam o fato de não estar presente, acompanhando o seu crescimento e as datas importantes das suas vidas. Obrigada pelas mensagens de incentivo durante o decorrer deste trabalho, sempre muito carinhosas e essenciais.

E o que dizer a você Gabriel Macedo? Obrigada pelo carinho, paciência e companheirismo, que foram fundamentais nos dias em que me dediquei ao estudo ao invés do lazer, e que mesmo assim soube compreender, estimulando-me diante das dificuldades.

À amiga e colega Andy Maes, pela amizade, amparo e paciência estando comigo em todos os momentos desses anos de graduação, dividindo desejos, dúvidas, alegrias e momentos difíceis. Sou muito grata pela oportunidade que tive em te conhecer e estabelecer um laço tão bonito, és alguém que levarei pra vida toda!

À amiga e colega Natália Demartino, companheira de trabalhos, agradeço as proveitosas discussões e por dividir o seu conhecimento de maneira tão generosa.

Às amigas, Marília Skowronski e Catherine Novaes, pelo companheirismo, amizade e apoio.

Finalmente, obrigada a todos que, mesmo não estando aqui citados, contribuíram de diversas maneiras para o sucesso deste trabalho.

A partir de agora, um novo ciclo se inicia e que seja tão gratificante quanto este.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”. (Madre Teresa de Calcuta)



## RESUMO

Atualmente, a importância do carvão vegetal na matriz energética mundial, é descrita e relatada por diversos estudos no âmbito científico e institucional. Porém, o seu processo de produção é altamente impactante no ambiente, pois nele são liberadas substâncias potencialmente prejudiciais ao ambiente e à saúde; dentre elas: material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio. Essas substâncias podem ser causadoras de irritações, agravos e alguns problemas mais sérios de saúde. No Brasil a produção de carvão vegetal está fortemente ligada ao setor industrial na região do Centro-Oeste e, conseqüentemente é altamente estudada, porém, na região sul, onde a produção é artesanal com tecnologias tradicionais de produção, as informações sobre o real impacto da atividade - seja econômico, ambiental ou social - são limitadas. Nesse contexto, objetiva-se conhecer o ambiente de trabalho em que produtores de carvão vegetal estão inseridos, assim como, que riscos a atividade oferece com relação a exposição destes ao material particulado liberado durante o descarregamento dos fornos. A fim de atingir este objetivo, buscou-se quantificar a concentração de material particulado total em que o agricultor fica exposto no processo de descarregamento em fornos tradicionais de carvão vegetal. O estudo foi realizado a partir das indicações das normas de higiene ocupacional, NHO 03 e NHO 08, durante a produção de carvão vegetal na comunidade de São Mateus, no distrito de Três Riachos no município de Biguaçu, durante o segundo semestre de 2015. Os resultados obtidos, mostram que os limites de tolerância, calculados e corrigidos para as peculiaridades dos agricultores de Biguaçu, foram ultrapassados em 75% das amostragens, indicando assim a possibilidade de risco à saúde desses trabalhadores. Ainda, reforçando a possível insalubridade da atividade, alguns dos resultados das concentrações médias ponderadas revelaram-se quase 3 vezes maiores que o valor máximo, que segundo Anexo N.º 11 da norma regulamentadora N.º 15, estabelecida em 1978 pelo Ministério do Trabalho através da Portaria N.º 3.214, fica "sob a pena de ser considerada de risco grave e iminente". No entanto, ressalta-se que a produção de carvão vegetal no município é uma atividade de fundamental importância, pois para muitas famílias esta é a principal fonte de renda, garantindo a sua subsistência. Diante da real necessidade que estas famílias possuem em produzir carvão, é indispensável que ocorram mais estudos no local, a fim de minimizar os efeitos da

insalubridade da atividade, proporcionando a segurança do agricultor, assim como a preservação da saúde destes.

**Palavras-chave:** material particulado, carvão vegetal, amostragem por filtros, limite de tolerância, risco à saúde.

## ABSTRACT

Nowadays, the importance of charcoal into the global energy mix is described and reported by many researches in the scientific and institutional area. However its production process is highly impactful to the environment, as it releases potentially harmful substances to human and environmental health; as such: particulate matter (PM), carbon monoxide (CO), hydrocarbons and nitrogen oxides. These substances may cause irritation, aggravations and even worse health effects. In Brazil charcoal production is related to the industrial sector of the Midwest region, and consequently its characteristics are better known. Despite of it, in the southern region of the country, where production is artisanal with conventional technology applied, information available about the activity's real impacts – either economic, environmental or social – are limited. In this context, the present research aims to understand the occupational environment in which charcoal producers are inserted, as well as the risks this activity offers regarding to exposure to particulate matter emissions, during traditional kiln unloading process. In order to achieve it, producers' exposure to particulate matter has been measured during kiln unloading. This research has been based in occupational hygiene recommendations (NHO 03 and NHO 08), during charcoal production in São Mateus community, Três Riachos district located in Biguaçu city, in the second half of 2015. The results demonstrate that tolerance limits have been exceeded in 75% of samples, indicating possibility of adverse health effects to producers. These tolerance limits have been calculated and adjusted to Biguaçu's producers. Furthermore, reinforcing the possibly occupational insalubrity of this activity, some weighted average concentrations have exceeded three times the maximum reference value. And according to the 11th Attachment of the Regulatory Recommendation No. 11, established in 1978 by the Ministry of Labor through the Ordinance No. 3,214, it “may be considered at serious and imminent risk”. However, charcoal production importance cannot be neglected. It has central importance to many families in which it represents their main source of incomes. Due to these families dependence of charcoal production, it is indispensable to promote research towards occupational health and safety.

**Key-words:** particulate matter, charcoal, filter sampling method, tolerance limit, health risk.





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma com as etapas do Sistema de Roça-de-toco realizado pelos agricultores de Biguaçu. ....	9
Figura 2. Forno de alvenaria utilizado na região estudada. ....	13
Figura 3. Fluxograma com as etapas do processo de produção de carvão dos agricultores de Biguaçu. ....	14
Figura 4. A relação entre o tamanho das partículas e a parte do corpo que atinge. ....	18
Figura 5. Mapa de localização da Microbacia de São Mateus. ....	37
Figura 6. Desenho esquemático da sequência de montagem dos porta filtros. ....	40
Figura 7. Preparação dos filtros e sua inserção nas fôrmas de vidro, utilizadas para estabilização. ....	41
Figura 8. Fôrmas de estabilização, vedadas por fita teflon, fazendo o processo de estabilização dos filtros. ....	41
Figura 9. Recipiente contendo filtro. ....	42
Figura 10. Porta-filtro com filtro e vedado com fita teflon. ....	43
Figura 11. Bomba modelo Airlite - Fabricante SKC. ....	46
Figura 12. Procedimento de descarregamento de carvão vegetal feito em Biguaçu. ....	55
Figura 13. Cassetes com amostras de material particulado total do processo. ....	57
Figura 14. Gráfico da Concentração Média Ponderada pelo tempo de MP X Umidade. ....	59
Figura 15. Gráfico da Concentração Média Ponderada pelo tempo de MP X Temperatura Máxima. ....	59
Figura 16. Gráfico da Concentração Média Ponderada pelo tempo de MP X Temperatura Mínima. ....	60



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fases do fenômeno de conversão da madeira em carvão vegetal. ....	10
Tabela 2. Níveis de concentração de material particulado e seus respectivos efeitos à saúde. ....	22
Tabela 3. Pneumoconioses e seus respectivos agentes etiológicos. ....	23
Tabela 4. Padrões de qualidade do ar para alguns poluentes.....	25
Tabela 5. Concentrações de material particulado de alguns poluentes para seus respectivos níveis.....	26
Tabela 6. Padrões de qualidade do ar para material particulado no estado de São Paulo, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . ....	27
Tabela 7. Recomendações para material particulado da OMS. ....	27
Tabela 8. Recomendação da USEPA para material particulado. ....	28
Tabela 9. Padrões estabelecidos pela Comissão Europeia para material particulado inalável. ....	28
Tabela 10. Quadro com os Fatores de Desvio correspondentes para cada faixa de Limite de Tolerância.....	30
Tabela 11. Limites de exposição ocupacional estabelecidos pela ACGIH para algumas substâncias. ....	31
Tabela 12. Quadro com os Fatores de Desvio correspondentes para cada faixa de Limite de Tolerância.....	49
Tabela 13. Concentrações médias ponderadas pelo tempo referentes a cada amostragem. ....	56
Tabela 14. Limites de Tolerância e Valores Máximos corrigidos para as amostragens analisadas. ....	58
Tabela 15. Resultados da Avaliação Ergonômica do Trabalho na Atividade de Carvoejamento no Mato Grosso do Sul. ....	63
Tabela 16. Análise Estatística de Interdependência de Variáveis. ....	64



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a - Massa inicial do Filtro Testemunho  $T_1$   
ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists  
AIHA - American Industrial Hygiene Association  
Art. - Artigo  
b - Massa Inicial do Filtro Testemunho  $T_2$   
BEI - Biological Exposure Indices  
C - Concentração da Amostra  
c - Massa Final do Filtro Testemunho  $T_1$   
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental  
Cfa - Clima Temperado Úmido com Verão quente  
 $C_{MPT}$  - Concentração Média Ponderada pelo Tempo  
 $C_n$  - concentração de material particulado obtida na amostra n  
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
CO - Monóxido de Carbono  
CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CTISM - Colégio Técnico Industrial de Santa Maria  
d - Massa Final do Filtro Testemunho  $T_2$   
DNSST - Departamento de Saúde e Segurança do Trabalho  
Epagri - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina  
EPI - Equipamento de Proteção Individual  
F - Fator de Correção  
FC - Fator de Correção  
FD - Fator de Desvio  
FT - Filtro Testemunho  
Hps - Duração da Jornada Semanal Padrão  
Hs - Duração da Jornada de Trabalho Semanal Real  
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia  
LT - Limite de Tolerância para o Agente Químico  
LT<sub>corrigido</sub> - Limite de Tolerância Corrigido para a Jornada de Trabalho Semanal de um Agente Químico  
m - Massa da Amostra  
MAA - Média Aritmética Anual  
MGA - Média Geométrica Anual  
MI - Meta Intermediária  
MP - Material Particulado

MP<sub>10</sub> - Material Particulado com Diâmetro Aerodinâmico Menor que 10 µm

MP<sub>2,5</sub> - Material Particulado com Diâmetro Aerodinâmico Menor que 2,5 µm

MPT - Material Particulado Total

MTb- Ministério do Trabalho

NAAQS - National Ambient Air Quality Standards

NHO - Norma de Higiene Ocupacional

NO<sub>x</sub> - Óxidos de Nitrogênio

OELs - Limites de Exposição Ocupacional

OMS - Organização Mundial da Saúde

PF - Padrões Finais

PI - Partículas Inaláveis

PTS - Partículas Totais em Suspensão

PVC - Policloreto de Vinila

Q<sub>m</sub> = Vazão Média

SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre

t - Tempo Total de Coleta

TLV - Threshold Limit Value (Limite de Tolerância)

t<sub>n</sub> - Tempo de Coleta da Amostra n

t<sub>total</sub> - Tempo Total de Coleta

TWA - Time Weighted Average

UNEP - United Nations Environment Programme

USEPA - United States Environmental Protection Agency

USP - Universidade de São Paulo

V - Volume de Ar Amostrado

WHO - World Health Organization (Organização Mundial da Saúde)

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu$  - Micro

$\mu.m$  - Micrometro

$\mu g.m^{-3}$  - Micrograma por metro cúbico





## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
3.1	AGRICULTURA FAMILIAR.....	5
3.2	CARBONIZAÇÃO DA BIOMASSA NO SISTEMA DE ROÇA DE TOCO.....	10
3.3	IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CARVÃO .	15
3.3.1	<b>Poluição Atmosférica.....</b>	<b>15</b>
3.3.1.1	Gases .....	16
3.3.1.2	Material Particulado.....	16
3.4	A EXPOSIÇÃO DO HOMEM À POLUIÇÃO DO AR.....	19
3.5	LEGISLAÇÕES QUE ESTABELECEM PADRÕES E CRITÉRIOS REFERENTES AO MATERIAL PARTICULADO ....	24
3.5.1	<b>Legislação Brasileira .....</b>	<b>25</b>
3.5.2	<b>Legislação Internacional.....</b>	<b>27</b>
3.5.3	<b>Padrões de Higiene e Limites de Exposição Ocupacional</b>	<b>29</b>
3.6	AMOSTRAGEM DE MATERIAL PARTICULADO .....	31
3.6.1	<b>Metodologias de Monitoramento .....</b>	<b>32</b>
3.6.2	<b>Filtros.....</b>	<b>33</b>
3.6.2.1	Tipos de Filtros .....	33
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
4.1	ÁREA DE ESTUDO .....	37
4.2	MATERIAIS E APARELHAGEM.....	38
4.3	MÉTODOS .....	38
4.3.1	<b>Identificação de uma metodologia adequada para o contexto de produção.....</b>	<b>38</b>
4.3.2	<b>Caracterização do processo de descarregamento de carvão vegetal.....</b>	<b>39</b>
4.3.3	<b>Quantificação do material particulado durante o processo de carbonização, na etapa de aproveitamento do carvão produzido.....</b>	<b>39</b>

<b>4.3.4</b>	<b>Relação entre a concentração de material particulado com: a) limites de tolerância, estabelecendo assim o nível de exposição dos agricultores; b) as condições ambientais durante o descarregamento.....</b>	<b>48</b>
4.3.4.1	Relação entre a concentração de material particulado com limites de tolerância .....	48
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>
	<b>ANEXO A - AGENTES QUÍMICOS E SEUS LIMITES DE TOLERÂNCIA .....</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXO B - CERTIFICADO DE ENSAIO DE DESEMPENHO..</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO C - POSICIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA .</b>	<b>91</b>
	<b>APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE REGISTRO PARA ANOTAÇÕES REFERENTES A COLETA .....</b>	<b>93</b>
	<b>APÊNDICE B - TABELA COM OS RESULTADOS DAS COLETAS, COM AS RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES PONDERADAS MÉDIAS PARA CADA AMOSTRAGEM .....</b>	<b>95</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O homem, na era primitiva, fazia uso da madeira em chamas para iluminar as cavernas e aquecer-se. Com o passar dos anos, passou a utilizar a madeira já queimada, com aparência preta e fria: o carvão vegetal (JUVILLAR, 1980). Desde então, a utilização deste como fonte energética tem sido de indiscutível importância para o desenvolvimento humano.

Atualmente, a evidente importância do carvão vegetal na matriz energética mundial, é descrita e relatada por diversos estudos no âmbito científico e institucional. Porém, o seu processo de produção é altamente impactante no ambiente, pois nele são liberadas substâncias potencialmente prejudiciais ao ambiente e à saúde. Dentre essas substâncias, Yamasoe (2000), destaca o material particulado (MP), o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Essas substâncias podem ser causadoras de irritações, agravos e alguns problemas mais sérios de saúde.

De acordo com Kato et al. (2005) e Tzanakis et al. (2001), pesquisas feitas na área médica, revelaram que as pessoas que trabalham com fornos de carvoarias e que ficam expostos a fumaça, por exemplo, sofrem com alguns danos à função pulmonar e com problemas respiratórios.

Cunha (2013), também relata, que a poluição do ambiente pode comprometer a saúde do homem. Existindo assim, na literatura médica, uma possível relação entre a presença de um agente etiológico em um ambiente poluído ou contaminado com doenças que venham a ocorrer de maneira frequente, rara ou ocasional.

No Brasil a produção de carvão vegetal está fortemente ligada ao setor industrial na região do Centro-Oeste e, consequentemente é altamente estudada, porém, na região sul, onde a produção é artesanal com tecnologias tradicionais de produção, as informações sobre o real impacto da atividade - seja econômico, ambiental ou social - são limitadas. Para Uller-Gómez e Gartner (2008), em pesquisa realizada em seis comunidades do município de Biguaçu/SC, revelou que para pelo menos 30% das famílias que vivem da agricultura familiar, o carvão vegetal é a principal fonte de renda.

Nesse sentido, o trabalho que foi realizado no município de Biguaçu, tem por finalidade quantificar a concentração de material particulado total ao qual o agricultor está exposto no processo de descarregamento nos fornos tradicionais de carvão vegetal, bem como

relacionar a concentração de material particulado com limites de tolerância, estabelecendo assim o nível de exposição dos agricultores.

O desenvolvimento desta pesquisa findou-se em novembro de 2015, proporcionando que se conhecesse o processo de descarregamento de carvão vegetal feito pelos agricultores de Biguaçu/SC e se a atividade apresenta algum risco relacionado a concentração de material particulado presente no ambiente de trabalho.

Este trabalho está inserido nos objetivos específicos do projeto "Inovações tecnológicas na produção de carvão vegetal no contexto da agricultura familiar na grande Florianópolis e suas implicações ambientais: uma abordagem interdisciplinar" inserido na Rede Sul Florestal de pesquisadores e financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico sob o número de aprovação CNPq 404039/2013-8.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a concentração de material particulado total no processo de descarregamento nos fornos tradicionais de carvão vegetal no município de Biguaçu/SC.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar uma metodologia adequada para o contexto de produção.
- Caracterizar o processo de descarregamento de carvão vegetal.
- Quantificar o material particulado durante o processo de carbonização, na etapa de aproveitamento do carvão produzido.
- Relacionar a concentração de material particulado com:
  - a) limites de tolerância, estabelecendo assim o nível de exposição dos agricultores;
  - b) as condições ambientais durante o descarregamento.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será abordado a fundamentação teórica deste estudo, de maneira que os dois primeiros tópicos possam mostrar a forma de trabalho dos atores pesquisados. O terceiro e quarto tópico, abordarão os problemas de saúde relacionados ao material particulado, e no quinto tópico os padrões estabelecidos pelas legislações nacional e internacional. Por fim, no sexto tópico serão descritas as metodologias de monitoramento de ar, assim como a escolha do método mais conveniente para medir a concentração de material particulado (MP).

#### 3.1 AGRICULTURA FAMILIAR

O termo "agricultura familiar" emergiu no Brasil a partir de meados da década de 90, embora nessa época, o termo e estudos sobre, já eram bem conhecidos nos países desenvolvidos.

No Brasil, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a agricultura familiar é responsável por mais de 80% da ocupação no setor rural e por cerca de 40% da produção agrícola (CONAB, 2013). Isto indica que boa parte dos alimentos que chegam as mesas dos brasileiros vem de pequenas propriedades e de uma produção por meio da agricultura familiar. Verificou-se que em 2009, 60% dos alimentos distribuídos pela CONAB por meio de cestas alimentares, tinham sido produzidos através da agricultura familiar (CONAB, 2013).

Em Santa Catarina, a agricultura familiar também têm sido predominante nos estabelecimentos agropecuários, correspondendo a 87% desses estabelecimentos (MATTEI, 2010).

Desse modo, fica evidente a importância da agricultura familiar, pois é responsável pela absorção de empregos e pela produção de alimentos no estado.

O governo federal, adota como definição de agricultura familiar o que está descrito na Lei N.º 11.326/2006 que descreve em seu Art. 3º:

Para os efeitos desta Lei, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;

II - utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;

III - tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento;

IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

§ 1º O disposto no inciso I do caput deste artigo não se aplica quando se tratar de condomínio rural ou outras formas coletivas de propriedade, desde que a fração ideal por proprietário não ultrapasse 4 (quatro) módulos fiscais.

§ 2º São também beneficiários desta Lei:

I - silvicultores que atendam simultaneamente a todos os requisitos de que trata o caput deste artigo, cultivem florestas nativas ou exóticas e que promovam o manejo sustentável daqueles ambientes;

II - aquicultores que atendam simultaneamente a todos os requisitos de que trata o caput deste artigo e explorem (BRASIL, 2006).

Indo além do conceito descrito pela Lei N.º 11.326 de 2006, neste trabalho será considerado como agricultura familiar, a família em que faz simultaneamente a direção do seu estabelecimento e dos seus meios de produção. No contexto da agricultura familiar, está inserida a agricultura itinerante, a qual depende da mão de obra da família de quem detém a terra.

Adams (2000), aponta que a agricultura itinerante é adotada por populações brasileiras indígenas, caboclas, camponesas e caiçaras, e ainda que vem sendo repassadas até hoje aos remanescentes da Mata Atlântica.

Esse tipo de cultivo também pode ser denominado como agricultura ou roça de coivara, roça de toco, agricultura de subsistência ou agricultura de derrubada e queima. Ainda, segundo a autora, “a agricultura itinerante praticada da forma tradicional é uma forma sustentável, que pode continuar indefinidamente nos solos pouco férteis encontrados sob a maioria das florestas tropicais úmidas, contanto que a capacidade de suporte da terra não seja excedida” (ADAMS, 2000).

Segundo Luca (2011), a agricultura de corte e queima:



É prática comum em diversos povos que vivem em sistemas tropicais. Este tipo de uso da terra está atrelado ao manejo florestal, pois são as florestas, em diferentes tipologias e estágios sucessionais, que servem de subsídio base para o estabelecimento dessas roças-de-toco.

Ainda, Luca (2011) comenta que, esse tipo de prática é desenvolvida normalmente por agricultores familiares ou comunidades tradicionais, que ao longo da vida e pela relação que mantêm com a floresta, adquirem um vasto e rico conhecimento sobre o assunto.

De acordo com Siminski e Fantini (2007), "o sistema roça de toco é baseado na derrubada e queima da vegetação, seguindo-se um período de cultivo e, após o declínio da fertilidade do solo, um período de pousio para restauração da fertilidade."

Mazoyer & Roudart (2010), esclarecem mais pormenorizadamente os procedimentos de derrubada, queimada e preparo do solo:

Nos meios arborizados menos pujantes [aquelas áreas que não são de florestas primárias], o desmatamento se acentua a tal ponto que quase a totalidade da madeira em pé pode ser abatida, sendo que apenas algumas árvores úteis são conservadas. Em todo caso, quer seja parcial ou completo, o abate não é um desmatamento integral, porque não inclui arrancar os cepos em uma limpeza sistemática do solo. Após o abate o terreno estará entulhado em sua superfície com folhagens e ramagens e troncos mortos a serem eliminados antes de semear ou de plantar. O procedimento mais comum consiste em deixar secar este material vegetal, depois queimá-lo pouco antes das chuvas e procedendo a sementeira de forma que os cultivos se beneficiem ao máximo dos minerais nutritivos contidos nas cinzas.

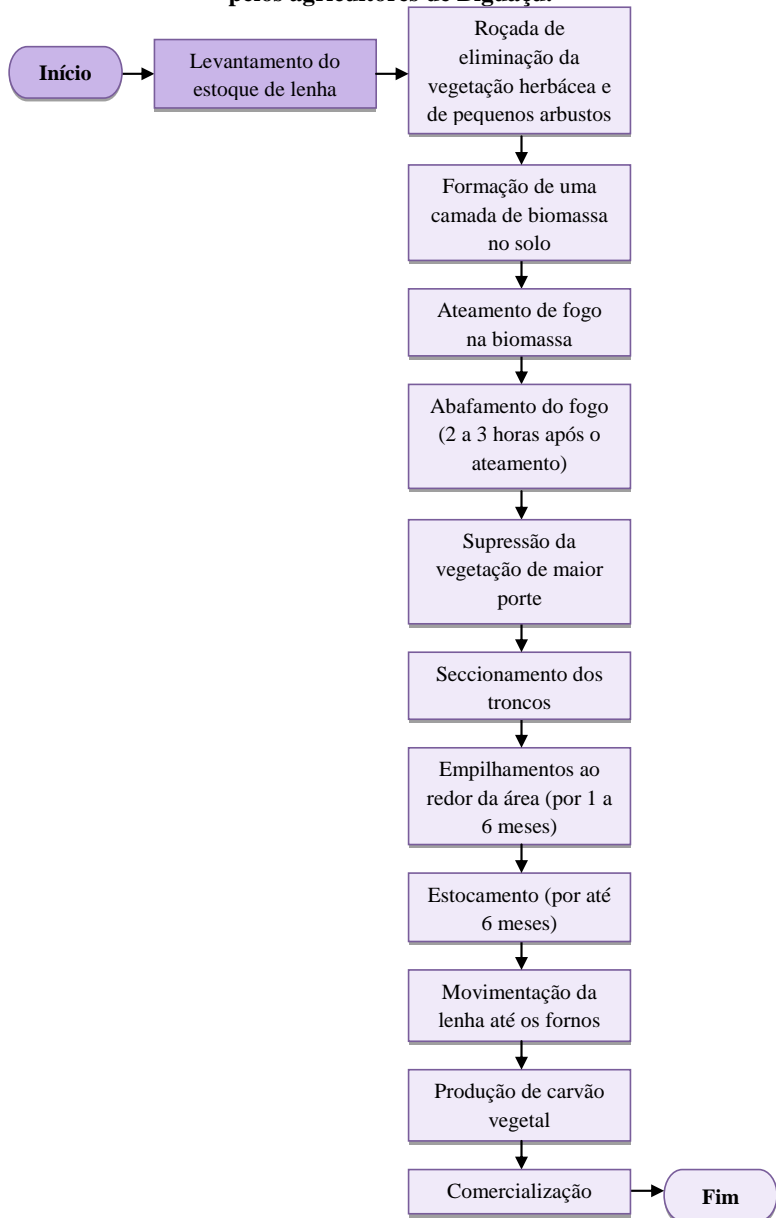
Gomes et al. (2013), em seu estudo realizado na comunidade remanescente de quilombo de São Pedro, no município de Eldorado/SP, comenta que no sistema de roça de coivara desenvolvido no município, após os agricultores decidirem fazer o plantio, as áreas são preparadas, deixando-as "limpas", sendo feita através da queima. Com o solo quase

nu, é feita a semeadura de algumas culturas, como o arroz e o milho ou apenas uma das culturas. Essas culturas são semeadas junto com outras herbáceas que já estão no solo, por serem pioneiras nessas terras (GOMES et al., 2013).

O cenário estudado nesta pesquisa, no município de Biguaçu, tem como principal forma de trabalho o sistema de roça-de-toco, termo que segundo Luca (2011), os agricultores se referem como "botar a roça". Diferentemente do estudo de Gomes et al. (2013), os agricultores de Biguaçu após decidirem fazer o plantio, roçam as herbáceas e pequenos arbustos, formando uma camada de biomassa vegetal sobre o solo. Em seguida é ateado fogo, que fica atuando por 2 a 3 horas, sendo abafado posteriormente. Além de o solo não ficar quase nú, como citado por Gomes et al. (2013) no sistema de roça de coivara desenvolvido em SP, as culturas semeadas pelos agricultores de Biguaçu são distintas, que são: a mandioca, o feijão e a cana de açúcar.

Vicente (2014), detalha o processo realizado pelos agricultores de Biguaçu colocando que num primeiro momento, os agricultores selecionam visualmente uma parcela de mata com vegetação de diâmetro maior ou igual a 3 cm. Em seguida, as etapas do sistema de roça-de-toco realizado em Biguaçu/SC são representadas na Figura 1.

**Figura 1. Fluxograma com as etapas do Sistema de Roça-de-toco realizado pelos agricultores de Biguaçu.**



Fonte: Adaptado de Vicente (2014).

### 3.2 CARBONIZAÇÃO DA BIOMASSA NO SISTEMA DE ROÇA DE TOCO

"A pirólise da madeira é um dos fenômenos mais antigos de que se tem conhecimento, e através da sua aplicação controlada, tem sido possível a obtenção de uma série de produtos benéficos ao homem. O carvão vegetal é um deles" (BRITO, 1990).

De acordo com Shafizadeh (1982), a biomassa utilizada para a pirólise, de uma maneira geral, possui as paredes das células formadas por microfibrilas de celulose envolvidas por uma matriz de hemicelulose e lignina. Ainda, na sua composição encontra-se alguns lipídeos e hidrocarbonetos (terpenos) e vários tipos de compostos fenólicos, carboidratos e proteínas (SHAFIZADEH, 1982).

Ao se expor a biomassa a temperaturas em combustão abaixo de 300°C, ocorre a redução no peso molecular, liberação de água, dióxido de carbono, monóxido de carbono e a formação do carvão vegetal. Entre temperaturas de 300 °C e 500°C, ocorre a despolimerização da molécula em unidades de glucose anidra, que depois por meio de reações formam o alcatrão. Quando as temperaturas ultrapassam 500 °C, ocorre reações com as unidades anidras (formadas a temperaturas menores) que através da fusão, desidratação e descarboxilação, dão origem a uma mistura de produtos voláteis e gasosos que possuem baixa massa molecular (SHAFIZADEH, 1982).

Doat & Petrof (1975), trazem através da Tabela 1, as fases do fenômeno de conversão da madeira em carvão vegetal.

**Tabela 1. Fases do fenômeno de conversão da madeira em carvão vegetal.**

Fase	Temperatura (°C)	Fenômenos e Produtos
I	Até 200	- Poucas reações importantes; - Perda de umidade; - Fase endotérmica;
II	200 até 270 - 280	- Aumento de reação e na eliminação de gases; - A madeira passa para a cor marrom arroxeada; - Fase endotérmica;

**Tabela 1. Fases do fenômeno de conversão da madeira em carvão vegetal.  
(continuação)**

III	280 até 350 - 380	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importante fase de reações e grande eliminação de gases;</li> <li>- Composição de gases: centena de componentes químicos orgânicos (alguns recuperáveis) Ex: Ácido Acético, Metanol, Acetona, Fenóis, Aldeídos, Hidrocarbonetos, Alcatrões, etc;</li> <li>- O resíduo final dessa fase já é o carvão vegetal, mas que ainda representa compostos volatizáveis em sua estrutura;</li> <li>- Fase exotérmica;</li> </ul>
IV	380 - 500	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução da saída de gases;</li> <li>- O carvão vegetal passa a sofrer uma purificação na sua composição química com a eliminação do restante dos gases voláteis contendo H e O;</li> <li>- O carvão torna-se mais rico em carbono em sua estrutura (carbono não volatilizável ou carbono fixo);</li> <li>- Fase exotérmica;</li> </ul>
V	Acima de 500	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradação do carvão;</li> <li>- Término da carbonização e início da gaseificação do carvão;</li> <li>- Fase exotérmica</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Doat & Petrof (1975).

A velocidade de aquecimento da matéria-prima faz com que o processo de pirólise se divida em dois grupos: pirólise lenta e pirólise rápida.

A carbonização, como também é conhecida a pirólise lenta, tem como prioridade a produção de carvão vegetal em relação aos produtos líquidos e gasosos. Entretanto, a pirólise rápida, visa então, a obtenção desses gases e líquidos. Esta ainda, pode ser dividida em Flash e Ultra (SANCHEZ, 2011).

O processo de transformação da biomassa em carvão vegetal é nomeado também por muitos autores por carvoejamento, dessa maneira Brito (1990), afirma que:

Durante a conversão da madeira para carvão vegetal ocorre uma série de outros fenômenos além da concentração de Carbono. Evidentemente que o nível de ocorrência de tais fenômenos está associado ao nível de temperatura que se alcança durante a conversão. De um modo geral são observados diminuição de volume e escurecimento da madeira, abertura e fechamento de poros, fissuração, diminuição da densidade, etc. Na prática é também usual dar-se ao processo de carbonização da madeira o nome de carvoejamento.

Segundo Brito (1990), no que diz respeito a sua origem do processo do calor para a produção de carvão, existem duas formas de classificar os sistemas de produção de carvão:

Fonte interna de calor ou combustão parcial;

Fonte externa de calor;

Os sistemas com fonte interna de calor, são predominantemente artesanais, em que a queima se dá permitindo a entrada controlada de ar no interior da carga, fornecendo assim apenas o oxigênio necessário para o processo. Os gases, produto desse processo, são eliminados por chaminés, que pode atingir até 60% do peso de uma carga. E os rendimentos gravimétricos para obtenção de um carvão de qualidade não ultrapassam a 40% (BRITO, 1990).

Nos sistemas com fontes externas de calor, não há necessidade de orifícios para fazerem a entrada de ar, faz-se um controle da combustão na câmara. Os gases originados no processo são eliminados pela chaminé (como no processo com fonte interna de calor), sendo que a coloração e o volume destes, servem de auxílio para uma boa operação do forno (BRITO, 1990).

A produção de carvão, pela descrição de Brito (1990), ocorre então pelo sistema de fonte interna de calor ou também chamada de combustão parcial.

O processo de produção de carvão pode ser realizado por fornos de terra, metálicos e de alvenaria. Dentro da classificação dos fornos de terra existem os fornos tipo Poço e tipo Meda (SANTOS, 2007), em que o primeiro consiste em uma vala aberta no chão onde é colocada a lenha recoberta com terra e queimada de forma lenta (Pinheiro, et. al., 2006; Rousset, 2006, apud SANTOS, 2007), e o segundo são pilhas de troncos e galhos que se põe fogo para se obter carvão vegetal (SANTOS, 2007). Os fornos metálicos visam melhorias no sentido de reduzir o tempo de

carbonização, aumentar o rendimento volumétrico, aproveitar os subprodutos do processo, diminuir a emissão de poluentes, entre outros (SANTOS 2007). E os fornos de alvenaria são constituídos de argila e alvenaria, em alguns casos com tijolos de barro fabricados no próprio local onde será montado o próprio forno (PINHEIRO et. al, 2006, apud SANTOS, 2007). Alguns dos fornos de alvenaria conhecidos são os de encosta, colmeia e rabo-quente (SANTOS, 2007).

O processo de produção de carvão na região estudada é realizado em fornos de alvenaria e argila, comumente chamados de rabo-quente, como mostra a Figura 2. De acordo com Souza (2013), "esses fornos possuem um aro de metal em sua abóbada, com a finalidade de sustentação. O forno possui orifícios que permitem o controle da entrada de oxigênio, sendo que, a disposição destes orifícios pode variar."

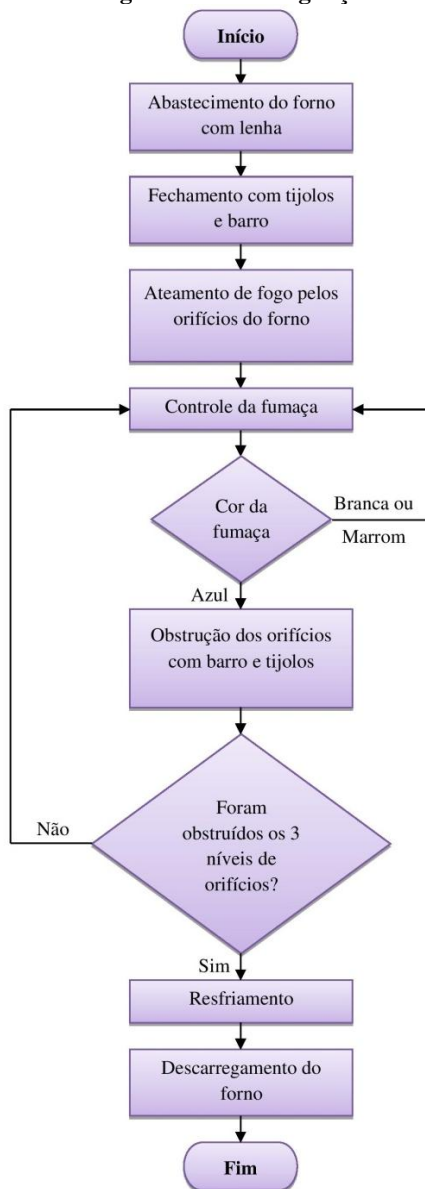
**Figura 2. Forno de alvenaria utilizado na região estudada.**



Fonte: Elaborada pela autora.

Para que o carvão seja produzido, os agricultores de Biguaçu seguem algumas etapas, que são descritas no fluxograma da Figura 3.

**Figura 3. Fluxograma com as etapas do processo de produção de carvão dos agricultores de Biguaçu.**



Fonte: Elaborado pela autora com base na observação e na descrição de Villazón (2013).



### 3.3 IMPACTO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE CARVÃO

Impacto ambiental, segundo Sánchez (1998), é a "alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana".

Impacto ambiental abrange tanto as alterações benéficas quanto adversas ao ambiente. Exemplos de impactos são: a criação de empregos, encontrado normalmente citado em Estudos de Impactos Ambientais, e a poluição, respectivamente.

Diante disso, Sánchez (1998) diz que, a "poluição é entendida como uma condição do entorno dos seres vivos (ar, água, solo) que lhes possa ser danosa. As causas da poluição são as atividades humanas que, no sentido etimológico, 'suja' o ambiente."

Ainda, de acordo com Sánchez (1998), "poluição refere-se a matéria ou energia, ou seja, grandezas físicas que podem ser medidas e para as quais podem-se estabelecer padrões (níveis admissíveis de emissão ou de concentração ou intensidade)".

Essas atividades mencionadas por Sánchez, precisam ser controladas, evitando ou minimizando a poluição no meio ambiente. Para isso, é necessário que se meça a poluição e também que padrões sejam estabelecidos, de maneira que se observe, por exemplo, a capacidade de assimilação do meio perante esses poluentes.

#### 3.3.1 Poluição Atmosférica

O conceito de poluição atmosférica inclui uma série de atividades, fenômenos e substâncias que contribuem para a deterioração da qualidade natural da atmosfera, sendo considerados os poluentes atmosféricos como substâncias os quais geram esse efeito negativo ao ambiente (ALMEIDA, 1999).

A Resolução CONAMA N.º 003, de 28 de Junho de 1990, considera poluente atmosférico "qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade". A quantidade desses poluentes presentes no ar dão ideia do nível de poluição atmosférica, sendo que existe uma infinidade de substâncias que podem ser encontradas.

Assim, segundo a descrição da CETESB (2006), os poluentes podem ser classificados quanto a sua origem em duas categorias:

- Poluentes primários: são os poluentes emitidos diretamente pelas fontes de emissão.

- Poluentes secundários: são aqueles que se formam na atmosfera, a partir de reações químicas entre um poluente primário e componentes já existentes naturalmente na atmosfera.

Quanto a classe química, os poluentes são classificados, segundo Assunção (1998), em orgânicos ou inorgânicos. Os poluentes orgânicos podem ser representados de maneira geral pelos hidrocarbonetos, aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, pelas partículas orgânicas, dentre outros; e os inorgânicos pela poeira mineral, cloro, névoas, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (ASSUNÇÃO, 1998).

Os poluentes atmosféricos, em relação ao seu estado físico, podem ser classificados de acordo com as suas substâncias básicas: sólidas, líquidas e gasosas. Entretanto, esses três grupos podem combinar-se, na maioria das vezes, restringindo assim a classificação em dois principais grupos de poluentes: os gases e os particulados; podendo os particulados incluir substâncias sólidas e líquidas e os gases, substâncias gasosas e líquidas (vapores) (ALMEIDA, 1999).

#### 3.3.1.1 Gases

Devido as inúmeras fontes de poluição existentes na Terra, uma grande quantidade de poluentes é lançada na atmosfera. Esses poluentes na atmosfera, por meio de reações químicas, se transformam em novos poluentes. Entretanto, é apenas um pequeno grupo deles que são mencionados por possuírem significativa toxicidade em relação a saúde e que causam mal estar no ser humano. Com isso, os poluentes gasosos podem ser divididos em cinco famílias maiores, sendo elas dos: óxidos de carbono, dos compostos de enxofre e de nitrogênio, dos hidrocarbonetos e dos compostos fotoquímicos (ALMEIDA, 1999).

#### 3.3.1.2 Material Particulado

Material particulado (MP) pode ser definido como um grande número de substâncias existentes na atmosfera, numa faixa entre poucos nanômetros, até aproximadamente 100 µm, em suspensão no ar. Esta classe de poluentes constitui-se de poeiras, fumaças e outros tipos de materiais sólidos e líquidos que ficam no ar.

Segundo Cunha (1999), materiais particulados são todos os materiais sólidos ou líquidos dentre a faixa de  $0,002\mu$  -  $500\mu$  de diâmetro, exceto a água pura. Podendo ser classificados em: aerossóis, cinzas, fumaça, fumos, nevoeiros e poeiras.

O material particulado, segundo a norma NHO 08, pode ser classificado como:

- Particulado Inalável: fração de partículas suspensas no ar com diâmetro aerodinâmico menor que  $100\mu$ m, com capacidade de entrar pelas narinas e pela boca, atingindo o trato respiratório.
- Particulado Torácico: fração de partículas suspensas no ar com diâmetro aerodinâmico menor que  $25\mu$ m, com capacidade de passar pela laringe, entrar pelas vias aéreas superiores e penetrar nas vias aéreas do pulmão.
- Particulado Respirável: fração de partículas no ar com diâmetro aerodinâmico menor que  $10\mu$ m, que conseguem penetrar nos bronquíolos terminais e se depositar na região que faz a troca gasosa nos pulmões.

A CETESB (2001) classifica o material particulado de forma diferenciada que a norma NHO 08, sendo feita da seguinte forma:

- Partículas Totais em Suspensão (PTS): são aquelas com diâmetro aerodinâmico menor que  $50\mu$ m, sendo que uma parte dessa categoria é composta pelas inaláveis.

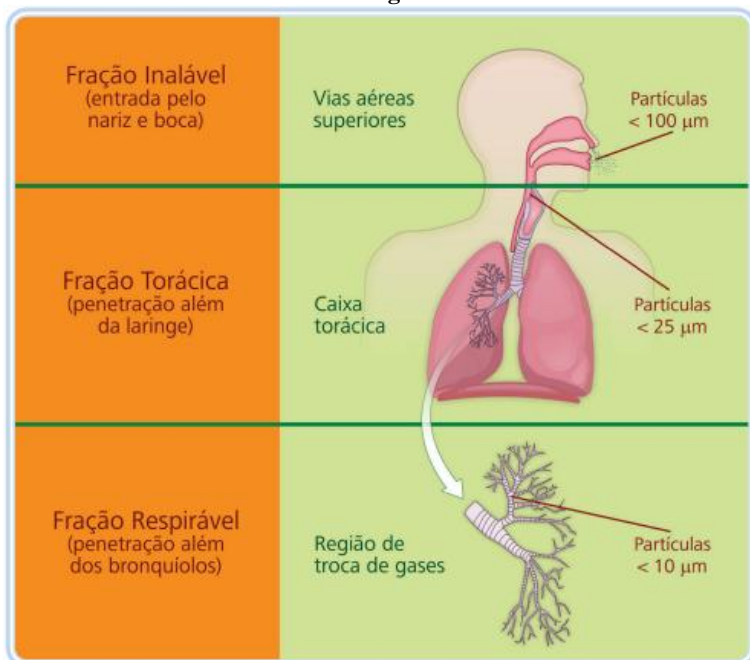
- Partículas Inaláveis (PI): são aquelas com diâmetro aerodinâmico menor que  $10\mu$ m, sendo ainda essa categoria dividida em grossas com diâmetro aerodinâmico entre  $2,5$  a  $10\mu$ m ( $MP_{2,5}$  -  $MP_{10}$ ) e finas com diâmetro aerodinâmico menor que  $2,5\mu$ m ( $MP_{2,5}$ ).

- Fumaça: provenientes do processo de combustão e está associada ao material que fica suspenso na atmosfera.

As partículas inaláveis, uma das categorias do material particulado, são capazes de penetrar no sistema respiratório humano, de maneira que possam ser depositadas em diferentes partes do sistema respiratório (desde as vias nasais até as partes mais profundas dos pulmões) e, portanto, representam risco para o desenvolvimento e progresso de algumas doenças respiratórias e cardiovasculares (SOUZA et al., 2010). O particulado torácico, consegue passar pela laringe e penetrar nas vias aéreas dos pulmões; e o particulado respirável consegue penetrar além dos bronquíolos terminais e depositar-se na região em que ocorre a troca gasosa nos pulmões (RIBEIRO, 2012). A

Figura 4, mostra em que parte do organismo humano, as partículas podem atingir.

**Figura 4. A relação entre o tamanho das partículas e a parte do corpo que atinge.**



Fonte: Adaptado de CTISM (Colégio Técnico Industrial de Santa Maria) apud (PEIXOTO & FERREIRA, 2013).

Para Andrade et al. (2011), devido à sua complexa composição química e suas propriedades físicas, o material particulado, possui significativa importância dentre os demais poluentes. Essa complexidade química e física faz com que ele seja associado a um número considerável de problemas de saúde, sendo considerado um indicador da qualidade do ar.

O tamanho do material particulado, pode alterar as propriedades químicas, físicas e biológicas, possuindo relação direta ao potencial de provocar efeitos negativos à saúde humana (SANTIAGO, 2013; SOUZA et al. 2010).

### 3.4 A EXPOSIÇÃO DO HOMEM À POLUIÇÃO DO AR

Uma variedade de efeitos adversos para a saúde têm sido relacionados com a exposição das pessoas a poluição do ar, variando de alterações bioquímicas e fisiológicas sutis para doenças graves e até a morte. A maior parte das evidências caem sobre os efeitos respiratórios e cardiovasculares, atribuídas a exposição de curtas e longas durações, assim como efeitos relacionados com a gravidez (GOUVEIA & MAISONNE, 2005).

A exposição humana tem como definição, para Ott (1982), "o caso quando uma pessoa entra em contacto com um poluente de uma certa concentração, durante um certo período de tempo". De maneira a ocorrer um "percurso ambiental", descrito a seguir (JANSSEN e MEHTA, 2005):

Fonte → Emissões → Concentrações → Exposição → Dose → Efeitos na Saúde

Para Gouveia & Maisone (2005), existem, na população, grupos sensíveis a ampla gama de efeitos que a poluição do ar pode ocasionar, sendo eles: a idade, o estado de saúde, a dieta, a genética, bem como as características de exposição (como o tempo padrão de atividade), habitação e das condições do ambiente em que o indivíduo tem sua residência.

As crianças pequenas, por terem altas taxas respiratórias acabam inalando uma maior concentração de poluentes presentes no ar por unidade de peso corporal; além de serem normalmente fisicamente mais ativas, com isso expõem-se por mais tempo ao ar livre, aumentando o potencial de exposição (AMERICAN LUNG ASSOCIATION, 2001; WHO, 2005; SCHWARTZ, 2004).

O estado de saúde, é um dos fatores importantes a serem considerados, pois torna o indivíduo mais frágil. Pessoas que já possuem doenças respiratórias e cardíacas são indivíduos com maior vulnerabilidade a procurar atendimento médico ou utilizar de medicações ao ficarem expostos a poluentes presentes no ar (GAUDERMAN, 2004 apud Gouveia & Maisone, 2005).

A saúde dos seres humanos, é predominantemente determinada pelo ambiente e pela alimentação (CAPRA, 1982). Reafirmando o que Capra menciona, Krewski (2003) e Willis (2003) (apud Gouveia & Maisone, 2005), reafirmam que a habitação e as condições do ambiente também são determinantes, pois estados nutricionais inadequados, a falta de acesso a cuidados com a saúde, bem como o nível educacional

podem ser condições que tornam as pessoas mais expostas aos efeitos da poluição do ar.

O padrão de exposição, que inclui o tempo de atividade, as concentrações de poluentes na área da residência e as características, juntamente com os demais grupos, fazem parte da população sensível aos efeitos da poluição do ar (American Lung Association, apud Gouveia & Maisone, 2005).

## **O Efeito do Material Particulado na Saúde Humana**

O estudo de material particulado tem fundamental importância, pois está diretamente relacionado a um efetivo potencial de ocasionar diversos danos associados à saúde humana (BRUNEKREEF e HOLGATE, 2002).

A relação existente entre o aumento da concentração de material particulado e evidências de doenças ou agravos dessas, são comprovadas através de diversos estudos. Nascimento e Francisco (2013), constataram que, com o aumento da concentração de  $MP_{10}$  (material particulado com diâmetro aerodinâmico menor que  $10\mu m$ ) em  $10 \mu g.m^{-3}$  existe a possibilidade de que ocorra internações devido a doenças cardiorrespiratórias. Essa conclusão, se deu a pesquisa feita na cidade de São José dos Campos/SP, em que verificaram que o aumento nesse porte na concentração de  $MP_{10}$ , aumentava também, o risco para esse tipo de internação em até 13%.

Ainda, estudos realizados pela Faculdade de Medicina da USP (Universidade de São Paulo), revelaram que em dias que a concentração de partículas inaláveis (partículas com diâmetro aerodinâmico menores que  $10 \mu m$ ) chega a  $95\mu g.m^{-3}$ , há um acréscimo de 23% no número de ingressos de crianças nos prontos socorros de São Paulo (SALDIVA et al., 1994, 1995).

Reafirmando a constatação de Nascimento e Francisco (2013), sobre a influência do material particulado sobre os agravos à saúde, Nel et al. (2006) e Oberdörster et al. (2005) apontam que, o ser humano ao entrar em contato com certa concentração de poluente está sujeito, além dos efeitos respiratórios, a eventos cardiovasculares, tais como ataques e distúrbios do ritmo cardíaco. Entretanto, os efeitos são bem mais amplos, atingindo a totalidade do corpo humano, tais como os efeitos gerados ao atingirem as vias de absorção dérmica e exposição ocular, que provocam irritação da pele e dos olhos (WHO, 2005).

Esses efeitos citados pelos autores mencionados anteriormente, bem como outros, podem atingir tanto pessoas com baixa faixa etária

quanto a pessoas mais velhas. Woodruff et al. (2004), ressaltam que o material particulado pode ocasionar alguns efeitos como o retardo mental, déficit de atenção, hiperatividade e câncer. Nos idosos, esses efeitos podem ser o aumento na mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares, desencadeamento de crise asmática, diminuição da função pulmonar e infarto agudo do miocárdio (CASTRO et al., 2003).

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, cada poluente apresenta diferentes efeitos sobre a saúde da população para faixas de concentração distintas, que são identificados por estudos epidemiológicos (CETESB, 2007). Na Tabela 2, adaptada da CETESB (2007), encontram-se algumas doenças relacionadas com diferentes faixas de concentração de material particulado.

Guerra (1995) resalta que uma das reações da fumaça que sai dos fornos no processo de carvoejamento, é a irritação dos olhos e das vias aéreas superiores. No decorrer do processo de carbonização, através dos orifícios dos fornos, escapam alguns subprodutos, tais como o ácido pirolenhoso, gases de combustão, alcatrão, metanol, ácido acético, acetona, acetato de metila, piche, dióxido de carbono, monóxido de carbono e metano; e que possuem características capazes de provocar lesões das vias aéreas e intoxicação.

Um estudo feito em uma região produtora de carvão vegetal, no município do Vale do Jequitinhonha/MG, Dias et al. (2002), atestaram que entre os 7566 pacientes atendidos pelos postos de saúde no município, 14,88% foram diagnosticados com acometimento de vias aéreas superiores (nariz, boca, faringe e laringe).

**Tabela 2. Níveis de concentração de material particulado e seus respectivos efeitos à saúde.**

Qualidade	Índice	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Boa	0 - 50	0 - 50
		Efeitos desprezíveis.
		50 - 150
Regular	51 - 100	Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.
		150 - 200
	101 - 150	Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço.
Inadequada		200 - 250
	151-199	Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral
		250 - 350
	200-250	Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.
		350 - 420
Má	251-299	Agravamento significativo dos sintomas cardiovasculares e respiratórios, como tosse, cansaço, falta de ar e respiração ofegante na população em geral. Risco de mortes prematuras de pessoas com doenças respiratórias e cardiovasculares. Risco de agravos à gestação.
		>420
Péssima	>299	Sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas com doenças cardiovasculares e respiratórias.

Fonte: Adaptado da CETESB (2007).



A inalação de partículas originadas da produção de carvão, além de provocar lesões na vias aéreas, como citado anteriormente, podem provocar algumas doenças. Uma delas, é a pneumoconiose, que se caracteriza por uma doença pulmonar ocasionada pela inalação de poeiras, que podem ser tanto orgânicas quanto inorgânicas. Segundo Peixoto e Ferrerira (2013):

Quando inalamos a poeira, as partículas maiores normalmente ficam retidas nas defesas naturais do trato respiratório, ficando retidas nos pelos do nariz, no muco existente na traqueia, brônquios e nos bronquíolos. As partículas menores podem atingir as partes mais profundas dos pulmões (alvéolos pulmonares) sendo as mais nocivas.

A Tabela 3 traz algumas pneumoconioses e seus agentes etiológicos.

**Tabela 3. Pneumoconioses e seus respectivos agentes etiológicos.**

<b>Pneumoconiose</b>	<b>Agente(s) Etiológicos</b>
<b>Asbestose</b>	Inalação de fibras microscópicas de asbesto. A doença é progressiva, resultando em cicatrização dos pulmões com tecido fibroso (fibrogênica).
<b>Silicose</b>	Inalação de poeiras contendo sílica cristalina livre, caracterizada pela formação de cicatrizes nos pulmões (fibrogênica).
<b>Pneumoconiose do trabalhador do carvão</b>	Inalação de poeiras contendo carvão mineral e vegetal. Caracterizada por cicatrizes nos pulmões, que muitas vezes danifica os pulmões e pode levar à falta de ar (fibrogênica).
<b>Siderose</b>	Inalação de poeiras de óxidos de ferro (não fibrogênica)
<b>Exemplos de doenças produzidas por poeiras inorgânicas</b>	
<b>Bissinose</b>	Inalação de poeiras no processamento e manuseio do cânhamo, linho e algodão.
<b>Pneumonite por hipersensibilidade</b>	Inalação de esporos do fungo a partir de feno mofado, excrementos de pássaros e outras poeiras orgânicas.

Fonte: Biblioteca Virtual em Saúde/ Ministério da Saúde apud (Peixoto & Ferreira, 2013).

As condições ambientais ruins, nos locais de trabalho dos carvoeiros, tornam o afazer desgastante e insalubre. Essas condições, segundo Brito (1996):

“[...] resultam dos agentes físicos, químicos e biológicos presentes e capazes de causar danos à saúde dos trabalhadores evidenciando uma situação exposta a fatores de relativa insalubridade” (Brito, 1996).

Gartner (2012), obteve informações, através de conversas com os agricultores da região, sobre possíveis irritações ocasionadas pela atividade carvoeira. Para Gartner (2012), a insalubridade comentada por Brito (1996), também é encontrada corriqueiramente nas falas dos agricultores/carvoeiros ao se referirem do processo de produção do carvão e as consequências da atividade em relação à saúde. A percepção da fumaça (gerada pela queima da lenha) e os sinais provocados no corpo do agricultor são descritos por eles da seguinte forma:

“Carvão dá uma tosse...” (Agricultor/carvoeiro, São Mateus / 2007).

“Fumaça do carvão é ruim para a população e para quem tira o carvão...” (Agricultora Tradicional, São Mateus / 2007).

Ainda segundo Gartner (2012), ao esvaziarem os fornos e fazerem o embalo do carvão, os agricultores ficam em contato e expostos à poeira. Ao mencionar essa etapa, um dos agricultores da região disse:

“Descarrega um forno de carvão, daqui a três dias tá cuspiendo carvão... carvão não é saúde para ninguém” (Agricultor/Carvoeiro, São Mateus / 2007).

### 3.5 LEGISLAÇÕES QUE ESTABELECEM PADRÕES E CRITÉRIOS REFERENTES AO MATERIAL PARTICULADO

Desde o início do século passado, estudos vêm relatando efeitos adversos dos poluentes à saúde, aumentando de forma significativa a mortalidade e a morbidade. Devido a essas evidências houve a adoção de normas de qualidade do ar ambiente, no intuito de proteger as pessoas dos poluentes, em especial da queima de combustível fóssil (GOUVEIA & MAISONNE, 2005).

Com o intuito então, de resguardar a saúde da população, existem legislações nacionais e internacionais que estabelecem padrões de qualidade do ar. Nesse contexto, será abordado padrões referentes ao material particulado, foco deste trabalho.

### 3.5.1 Legislação Brasileira

A resolução CONAMA N.º 003 de 28 de Junho de 1990, em seu Art. 1º define padrões de qualidade do ar como “as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral”.

A partir do seu Art. 3º, a CONAMA N.º 003 faz-se conhecer os Padrões de qualidade do ar primários e secundários estabelecidos para as partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. A Tabela 4 faz referência aos padrões que a CONAMA estabelece:

**Tabela 4. Padrões de qualidade do ar para alguns poluentes.**

<b>Poluente</b>	<b>Tempo de amostragem</b>	<b>Padrão primário (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	<b>Padrão Secundário (<math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</b>	<b>Método de Amostragem</b>
Partículas totais em Suspensão	MGA*	80	60	Amostrador de Grandes Volumes ou Método Equivalente
	24 horas**	240	150	
Fumaça	MAA***	60	40	Método de Refletância ou Método Equivalente
	24 horas**	150	100	
Partículas Inaláveis	MAA***	50	50	Separação Inercial/ Filtração ou Método Equivalente
	24 horas**	150	150	

Fonte: Adaptado da CONAMA N.º 003 de 28 de Junho de 1990.

\* Média geométrica anual. \*\* Não deve ser excedida mais de uma vez por ano. \*\*\* Média aritmética anual.

Ainda, a Resolução estabeleceu níveis referentes as concentrações de material particulado presente no ar, sendo eles: níveis de atenção, alerta e emergência. A Tabela 5 traz os níveis estabelecidos para cada tipo de poluente citados anteriormente.

**Tabela 5. Concentrações de material particulado de alguns poluentes para seus respectivos níveis.**

Poluentes	Tempo de Amostragem	Nível		
		Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em Suspensão ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	24 horas	375	625	875
Fumaça ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	24 horas	250	420	500
Partículas Inaláveis ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	24 horas	250	420	500

Fonte: Adaptado da CONAMA N° 003 de 28 de Junho de 1990.

De maneira a tentar restringir ou melhor se enquadrar as características do estado, São Paulo por meio do Decreto N.º 59.113 de 23 de Abril de 2013 estabeleceu novos padrões de qualidade do ar que passariam a valer para o estado. O Decreto, propunha três Metas Intermediárias divididas por etapas, em que a:

- Meta Intermediária Etapa 1 (MI1): refere-se aos valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados a partir da publicação deste decreto.

- Meta Intermediária Etapa 2 (MI2): refere-se aos valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados subsequentemente à MI1.

- Meta Intermediária Etapa 3 (MI3): refere-se aos valores de concentração de poluentes atmosféricos que devem ser respeitados nos anos subsequentes à MI2, sendo que o seu prazo de duração será definido pelo órgão ambiental do estado.

A Tabela 6 faz referência aos respectivos valores referentes a cada etapa.

**Tabela 6. Padrões de qualidade do ar para material particulado no estado de São Paulo, em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

<b>Poluente</b>	<b>Tempo de amostragem</b>	<b>Etapa 1 (MI1) (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Etapa 2 (MI2) (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Etapa 3 (MI3) (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>PF*** (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Partículas totais em suspensão (PTS)	MGA*	-	-	-	80
	24 horas consecutivas	-	-	-	240
	MAA**	40	35	30	20
Fumaça	24 horas consecutivas	120	100	75	50
	MAA**	40	35	30	20
Partículas inaláveis (MP <sub>10</sub> )	24 horas consecutivas	120	100	75	50
	MAA**	20	17	15	10
Partículas inaláveis finas (MP <sub>2,5</sub> )	24 horas consecutivas	60	50	37	25
	MAA**	20	17	15	10

Fonte: Adaptado do Decreto N.º 59.113 de 23 de Abril de 2013.

\*Média Geométrica Anual. \*\*Média Aritmética Anual. \*\*\*Padrões Finais.

### 3.5.2 Legislação Internacional

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu algumas diretrizes de qualidade do ar que visam proteger a saúde pública em diferentes contextos. Assim, para o material particulado tem-se a Tabela 7, que conta com valores referência para distintos tempos de amostragem.

**Tabela 7. Recomendações para material particulado da OMS.**

<b>Poluente</b>	<b>Tempo de Amostragem</b>	<b>Valor de Referência (<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>
MP <sub>10</sub>	Média Anual	20
	Média de 24 horas	50
MP <sub>2,5</sub>	Média Anual	10
	Média de 24 horas	25

Fonte: Adaptado da WHO (2006, apud BARROS, 2014).

Para a United States Environmental Protection Agency (USEPA), através do National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) os padrões de qualidade do ar para o material particulado inalável, são de acordo com a Tabela 8.

**Tabela 8. Recomendação da USEPA para material particulado.**

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão primário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
MP <sub>10</sub>	MAA	Não estabelecido	Não estabelecido
	24 horas*	150	Igual ao primário
MP <sub>2,5</sub>	MAA**	12	Igual ao primário
	24 horas***	35	Igual ao primário

Fonte: Adaptado da USEPA (2012, apud BARROS, 2014).

\* Não deve ser excedida mais de uma vez por ano em média ao longo de três anos. \*\* Média aritmética de uma ou mais estações de medição em uma região.

\*\*\* Média aritmética da concentração diária de MP<sub>2,5</sub>.

A União Europeia também desenvolveu legislação para estabelecer padrões e critérios de qualidade do ar acerca de diversos poluentes. A Tabela 9 faz referência aos padrões de material particulado segundo a Comissão Europeia.

**Tabela 9. Padrões estabelecidos pela Comissão Europeia para material particulado inalável.**

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Padrão Secundário ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
MP <sub>10</sub>	MAA*	40	Igual ao primário
	24 horas**	50	Igual ao primário
MP <sub>2,5</sub>	MAA*	25	Igual ao primário
	24 horas	-	-

Fonte: Adaptado da Comissão Europeia (2008, apud BARROS, 2014).

\* Média Aritmética Anual. \*\* Pode ser excedida até 35 vezes ao ano.

### 3.5.3 Padrões de Higiene e Limites de Exposição Ocupacional

De acordo com Hirst (2010), "as normas de higiene ou limites de exposição ocupacional (OELs) são medidas úteis com as quais as exposições a agentes químicos e físicos no ambiente do local de trabalho podem ser comparadas."

Segundo a American Industrial Hygiene Association (1998, apud Sesi, 2007) Higiene Ocupacional é:

Ciência e arte devotada ao reconhecimento, à avaliação e ao controle dos fatores e estressores ambientais, presentes no local de trabalho ou oriundos deste, os quais podem causar doença, degradação da saúde ou bem-estar, ou desconforto significativo e ineficiência entre os trabalhadores ou cidadãos de uma comunidade.

#### Limite de Tolerância / Limite de Exposição Ocupacional

Em 1978, foi publicada pelo Ministério do Trabalho, a Portaria N.º 3.214, que estabeleceu em sua Norma Regulamentadora N.º 15, os limites de tolerância para uma série de agentes químicos e físicos. Esta, por sua vez, define limite de tolerância como "a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral." Ainda, segundo a mesma norma, "o limite de tolerância será considerado excedido quando a média aritmética das concentrações ultrapassar valores fixados [...]".

O anexo N.º 11, desta mesma norma NR N.º 15, comenta os agentes químicos, cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. Esta, por sua vez, considera atividade insalubre, para trabalhadores expostos a agentes químicos, aquela em que os valores limites de tolerância, forem ultrapassados.

Os valores fixados comentados na norma, referentes aos agentes químicos citados no anexo N.º 11, seguem descritos no Anexo A deste trabalho. Neste quadro, também existe uma coluna chamada "valor teto", que é um valor que indica a concentração máxima que não deve ser ultrapassada em momento nenhum da jornada. As substâncias que tiverem o seu campo na coluna do valor teto assinalado, esse valor será então o limite de tolerância.

A norma ainda cita que os resultados das concentrações obtidos nas amostragens não deverão ultrapassar o valor máximo, caso isso

ocorra a situação fica sob pena de ser considerada de risco grave e iminente. O valor máximo é obtido através da equação 3.1, descrita a seguir.

$$\text{Valor máximo} = LT \times FD \quad (3.1)$$

onde:

LT : Limite de Tolerância para o Agente Químico, segundo o quadro que encontra-se no Anexo A.

FD : Fator de Desvio, definido na Tabela 10.

**Tabela 10. Quadro com os Fatores de Desvio correspondentes para cada faixa de Limite de Tolerância.**

LT (ppm ou mg/m <sup>3</sup> )	FD
0 a 1	3
1 a 10	2
10 a 100	1,5
100 a 1000	1,25
acima de 1000	1,1

Fonte: Adaptado da Portaria N.º 3.214 de 1978, anexo N.º 11.

A American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2010, apud BUSCHINELLI, 2011) refere-se aos TLV's (Threshold Limit Values) como "as concentrações de substâncias químicas no ar, às quais, acredita-se, a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, durante toda uma vida de trabalho sem sofrer efeitos adversos à saúde". Existem três tipos de TLV's: os limites Time-Weighted Average (TWA) ou média ponderada no tempo; os Short-Term Exposure Limit (STEL) ou limites de exposição para curto-prazo; e o Ceiling (valor-teto).

O limite médio ponderado no tempo (TLV-TWA) é aquele ao qual a concentração média do agente químico, em 8 horas diárias de trabalho e 40 horas semanais, deve ser respeitada (BUSCHINELLI, 2011). O limite de exposição média ponderada de 15 minutos (TLV-STEL) não pode ser ultrapassado em momento algum da jornada de trabalho, e o limite de exposição Ceiling é a concentração máxima que não pode ser ultrapassada em nenhum momento da jornada de trabalho (BUSCHINELLI, 2011).



A ACGIH estabelece alguns limites de exposição ocupacional TLV-TWA para substâncias químicas, agentes físicos e índices de exposição biológicos (BEIs). A Tabela 11 traz alguns dos TLV's apresentados pela ACGIH.

Limites de exposição ocupacional estabelecidos pela ACGIH para algumas substâncias.

**Tabela 11. Limites de exposição ocupacional estabelecidos pela ACGIH para algumas substâncias.**

Substância	TLV TWA	LT (corrigido - 44 horas)	Observação
<b>Cimento</b>	1,0 mg/m <sup>3(E,R)</sup>	0,88 mg/m <sup>3</sup>	Respirável
<b>Negro de fumo *</b>	3,0 mg/m <sup>3(I)</sup>	2,64 mg/m <sup>3</sup>	Inalável
<b>Madeira</b>	1,0 mg/m <sup>3(I)</sup>	0,88 mg/m <sup>3</sup>	Inalável
<b>Farinha (poeira)</b>	0,5 mg/m <sup>3(I)</sup>	0,44 mg/m <sup>3</sup>	Inalável
<b>Calcário (PNOS)</b>	10,0 mg/m <sup>3(I)</sup> 3,0 mg/m <sup>3(R)</sup>	8,80 mg/m <sup>3</sup> 2,64 mg/m <sup>3</sup>	Inalável Respirável

Fonte: ACGIH (2010, apud Peixoto e Ferreira, 2013).

\* A avaliação ambiental para determinar a exposição ao negro de fumo dever ser feita através de medições "Média Ponderada de Tempo", com uma duração mínima de 360 minutos, na zona respiratória do trabalhador, usando-se para tal bomba de coleta de alto fluxo, calibrada a 2,0 L/min., filtro membrana de PVC de diâmetro circular de 37 milímetros e 5,0 micrômetros de porosidade e analisada por gravimetria. O limite de tolerância ao negro de fumo é de até 3,5 mg/m<sup>3</sup> para uma jornada de até 48 (quarenta e oito) horas semanais de exposição (NR 15).

### 3.6 AMOSTRAGEM DE MATERIAL PARTICULADO

Segundo Almeida (1999), "avaliação da qualidade do ar refere-se à adoção de um método de amostragem e análise de poluentes na atmosfera, para caracterizar a sua qualidade numa determinada região e compará-la com a legislação em vigor". Para tanto, e de maneira a se conhecer e quantificar a concentração de material particulado, em que um indivíduo fica exposto, é necessário que se faça amostragens a partir de uma determinada metodologia de monitoramento.

### 3.6.1 Metodologias de Monitoramento

A escolha dos métodos de monitoramento devem levar em consideração questões como: padrões legais, recursos necessários para aquisição dos equipamentos, operação e manutenção de equipamentos (LISBOA e KAWANO, 2007).

Para Junior et al. (2002, apud Lisboa e Kawano, 2007), existem cinco métodos de monitoramento:

- Amostradores passivos;
- Amostradores ativos;
- Analisadores Automáticos;
- Bioindicadores;
- Sensores Remotos;

Os amostradores passivos funcionam através da absorção química ou adsorção física do ar em um material (KRUPA e LEGGE, 2000). Para Junior et al. (2002, apud Lisboa e Kawano, 2007):

Os amostradores passivos não necessitam de bomba ou outro equipamento de sucção que force o movimento de um volume de ar através dele. Neste caso, a amostragem se dá por difusão molecular do gás através de uma camada estática ou permeação através de uma membrana. Os amostradores passivos são constituídos por um tubo ou, num formato mais chato, como um disco ou um *bottom*, com uma extremidade aberta protegida do vento por uma membrana ou algo equivalente. Estes métodos são adequados, sobretudo, para ambiente internos ou fechados.

Os amostradores ativos, para Junior et al. (2002 apud Lisboa e Kawano, 2007), são comumente utilizados para medir  $\text{SO}_2$  e MP. Esse tipo de amostrador trabalha sugando um volume de ar por uma bomba, em seguida esse ar passa por um meio coletor químico ou físico por um determinado período de tempo. Nesse tipo de amostragem, a coleta pode ser feita por diferentes processos (ou pela junção de mais de um deles), sendo eles: impactação, filtração, difusão e reação.

Segundo Lisboa e Kawano (2007), nos analisadores automáticos, "a amostra entra em uma câmara de reação onde a propriedade ótica do gás pode ser medida diretamente, ou uma reação química ocorre produzindo quimiluminescência ou luz fluorescente." O resultado se dá conforme a concentração de material particulado examinado, ou seja, um detector de luz produz um sinal elétrico de acordo com o nível desta

concentração de poluente (JUNIOR et al., 2002 apud LISBOA e KAWANO, 2007).

Outro método de monitoramento da concentração de poluentes, são os bioindicadores. Para Wolterbeek (2002), os bioindicadores mais utilizados são os líquens e musgos. Os líquens já foram utilizados em vários estudos com poluentes como: ozônio, fósforo, fluoretos e compostos de enxofre. (CONTI e CECCHETTI, 2001). Já os musgos são normalmente utilizados para pesquisar a presença de metais (WOLTERBEEK, 2002).

O monitoramento por sensores remotos, segundo Lisboa e Kawano (2007), "tem o objetivo de medir a emissão de hidrocarbonetos e de monóxido de carbono dos veículos automotores que trafegam pelas vias." Nesse tipo de monitoramento, não há necessidade de conexão do aparelho com o veículo ao qual se pretende avaliar (LISBOA e KAWANO, 2007).

Neste trabalho, será utilizado o método de monitoramento por um amostrador ativo, em que o volume de ar será sugado por uma bomba, de forma que o poluente fique retido em filtros.

### **3.6.2 Filtros**

Os filtros, são um tipo de meio coletor que tem sido vastamente utilizado perante outros métodos, esse fato tem ocorrido principalmente pelo seu baixo custo e pela facilidade de manuseio. A escolha do filtro que será utilizado para o programa de amostragem estudado será sempre escolhido conforme o objetivo da amostragem.

#### **3.6.2.1 Tipos de Filtros**

Os filtros consistem de um meio poroso, que são capazes de reter partículas do ar. Essas partículas podem ser analisadas através da microscopia, gravimetricamente para se determinar a massa e analiticamente (para a determinação química)(VICENT, 2007).

USEPA (1983), classifica os filtros em dois grande grupos:

- *Filtros de Membrana*

Os filtros de membrana, são finas folhas, normalmente circulares, que caracterizam-se em termos do tamanho do poro pelo qual o fluxo de ar passa internamente. O material do gel, que compõe os filtros de

membrana, podem ser de constituídos de éster de celulose, náilon, cloreto de polivinil (PVC) ou teflon (VICENT, 2007).

Almeida (1999), menciona que:

Esses filtros são usualmente constituídos de *gels* secos de éster de celulose, sendo que os tipos mais comumente utilizados são os fabricados a partir de materiais como: Teflon, polyester, policarbonato e PVC. Esses filtros são os mais adequados para a coleta de material particulado quando se tem objetivo a realização da caracterização química da amostra por técnicas analíticas, como por exemplo, a fluorescência de raios-X.

#### ▪ *Filtros de Fibra*

Segundo Vicent (2007), um dos mais importante representantes de uma das famílias de meios filtrantes existentes, são os filtros fibrosos. Estes tipos de filtros, compreendem fibras podendo ser de vidro ou de quartzo, tecidos em conjunto para formar um denso emaranhado de elementos que tornam-se a superfície em que as partículas podem ser depositadas. Este processo de depósito é feito através de combinações de impactação, sedimentação gravitacional, interceptação, difusão e - em alguns casos - forças eletrostáticas. Nesse tipo de filtro, o ar passa entre os elementos fibrosos, de maneira que o fluido desliza externamente em torno de cada um.

A escolha do tipo de filtro e material são imprescindíveis para os diferentes tipos de aplicação e métodos de análises. A diferença estrutural entre filtros fibrosos e filtros de membrana é um aspecto importante a ser analisado na escolha do filtro, pois deve-se levar em consideração a estabilidade de massa do filtro e também a capacidade do filtro de recolher e reter uma vasta quantidade de material particulado, se necessário. Considerando os aspectos de estabilidade e capacidade do filtro, os filtros de fibra de vidro têm sido a melhor opção para aplicações quando a amostragem é do tipo gravimétrica. Por outro lado, se o objetivo da pesquisa é estudar a morfologia das partículas, é interessante que a coleta seja feita por filtros de membrana, já que estes são mais recomendados para coletas que precisam ser feitas sob uma superfície mais plana, como é o caso. Contudo, esse tipo de filtro, com superfície plana tem como característica a reduzida capacidade de recolhimento de partículas reduzidas, o que é uma desvantagem no que se refere ao acúmulo de partículas sobre a superfície, influenciando

assim na queda de pressão, sendo maior do que quando utiliza-se os filtros fibrosos (VICENT, 2007).

De acordo com a UNEP/WHO (1994), dentre os variados tipos de filtros fibrosos existentes para um programa de amostragem, o mais indicado quando o objetivo é determinar a concentração através da técnica de gravimetria, é o filtro de fibra de vidro.



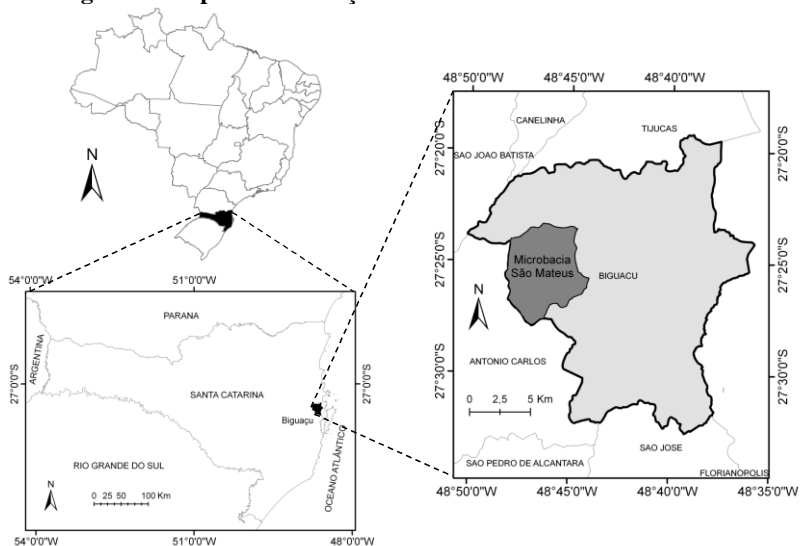
## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Microbacia de São Mateus ( $27^{\circ}23'S$  e  $27^{\circ}28'S$ ;  $48^{\circ}44'W$  e  $48^{\circ}49'W$ ), situada no município de Biguaçu, litoral do estado de Santa Catarina (Figura 5). A área da Microbacia abrange as comunidades rurais de São Mateus, São Marcos e Canudos, totalizando  $38,42 \text{ km}^2$ .

A vegetação original da região é a Floresta Ombrófila Densa e o clima, pela classificação de Köppen-Geiger, é definido como Cfa, ou seja, mesotérmico úmido com verão quente definido (KLEIN et al., 1978; VELOSO et al., 1991). Os solos que predominam na região são os cambissolos e os argissolos vermelho-amarelos (SILVA, 2007). O relevo da Microbacia caracteriza-se por fortes ondulações, com elevações de até 586 m de altitude. Sendo, nesses locais mais elevados que a maior parte da produção de carvão vegetal se encontra, bem como onde foram coletadas as amostras de material particulado, objeto principal desse estudo.

**Figura 5. Mapa de localização da Microbacia de São Mateus.**



Fonte: Villazón e Carvalho (2014).

## 4.2 MATERIAIS E APARELHAGEM

Seguindo as orientações das Normas de Higiene Ocupacional NHO 03 e da NHO 08, os materiais utilizados para a realização da pesagens dos filtros e para a coleta do material particulado na ambiente de trabalho foram:

- Pinças planas, sem estrias nas bordas e sem propriedades magnéticas;
- Haste de madeira;
- Suporte de pesagem;
- Álcool etílico (para a limpeza)
- Duas fôrmas de vidro (fazendo o papel de caixa de estabilização);
- Etiquetas adesivas (para codificação);
- Porta-filtros;
- Filtros de membrana;
- Suporte de Celulose;
- Fita Teflon (para vedação);

A aparelhagem utilizada foi:

- Balança analítica com sensibilidade mínima de 0,1 mg;
- Rotâmetro;
- Bomba Portátil de amostragem com selo de calibração N.º A060158, emitido pela Faster Comércio e Soluções Tecnológicas Ltda.
- Mangueira de plástico, tipo Tygon.

## 4.3 MÉTODOS

Para os objetivos específicos deste trabalho, descreve-se a seguir a metodologia.

### 4.3.1 Identificação de uma metodologia adequada para o contexto de produção

A fim de definir uma metodologia apropriada fez-se uma extensa revisão bibliográfica sobre as metodologias de dados referentes à concentração de material particulado no processo de carvoejamento, buscando qual melhor se adequaria ao contexto de produção artesanal. Para isso, buscou-se conhecer se haviam normas que fossem mais adequadas para responder a finalidade desta pesquisa, assim como se existiam padrões internacionais e nacionais que se pudesse relacionar os



resultados encontrados, de maneira a responder se a atividade desenvolvida poderia causar danos à saúde do agricultor. E por fim, observou-se também a disponibilidade de recursos oferecida para esta pesquisa, aspecto importante para que se pudesse findar o trabalho sem que houvesse possíveis interrupções ou inviabilidade do mesmo.

#### **4.3.2 Caracterização do processo de descarregamento de carvão vegetal**

A caracterização do processo de descarregamento foi feita através da observação da metodologia utilizada pelos agricultores familiares e de anotações feitas em campo. As visitas primeiramente eram agendadas com o agricultor, possibilitando assim a preparação de material e de veículo de transporte.

#### **4.3.3 Quantificação do material particulado durante o processo de carbonização, na etapa de aproveitamento do carvão produzido.**

Para a quantificação do material particulado na etapa de aproveitamento, baseou-se, explicitamente em duas norma da FUNDACENTRO, a NHO 03 e a NHO 08. A primeira apresenta um método de ensaio para Análise Gravimétrica de Aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana e a segunda auxilia na Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho, estabelecendo um procedimento padronizado para coleta de material particulado sólido em filtros de membrana com a finalidade de obter amostras representativas das partículas suspensas no ar dos ambientes de trabalho.

A escolha do tipo de filtro baseou-se nas recomendações da UNEP/WHO (1994) e de Vicent (2007) citadas na revisão bibliográfica deste trabalho, sendo selecionados os filtros de fibra.

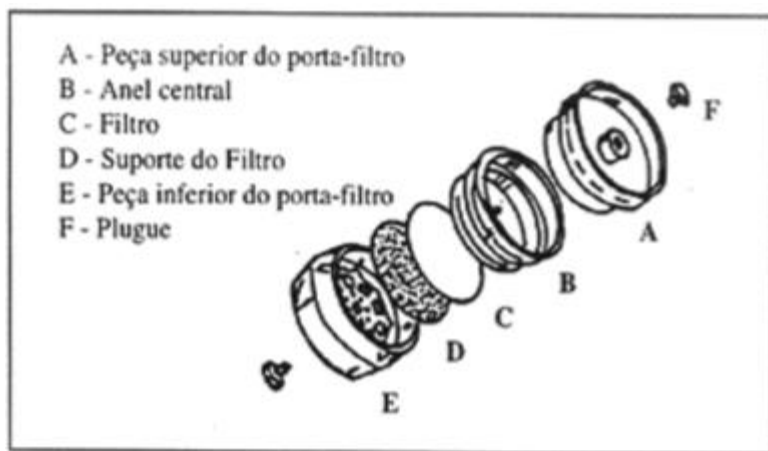
A quantificação do material particulado foi feita através de alguns procedimentos, estes seguem descritos, resumidamente, a seguir:

Inicialmente, estabeleceu-se que para cada coleta seriam feitas três amostragens, utilizando-se grupos de 5 porta-filtros, contendo 03 filtros para cada coleta, juntamente com 02 filtros testemunhos selecionados ao acaso.

A montagem dos filtros era feita com a retirada cuidadosa dos suportes dos filtros com uma pinça já limpa com álcool etílico,

depositando-os nos corpos inferiores dos porta filtros. Em seguida, retirava-se os filtros de membrana, depositando-os sobre os suporte dos filtros, obedecendo a sequência mostrada na **Figura 6**. Já neste momento, caso se verificasse algum filtro defeituoso, estes eram descartados e caso existisse diferença visível da porosidade entre as faces, colocava-se sempre a parte mais porosa para cima. A codificação dos porta-filtros era feita nesse momento, enumerava-se os filtros que iriam ser levados à campo e com o código FT<sub>1</sub> e FT<sub>2</sub> para os filtros testemunhos.

**Figura 6. Desenho esquemático da sequência de montagem dos porta filtros.**



Fonte: NHO 03.

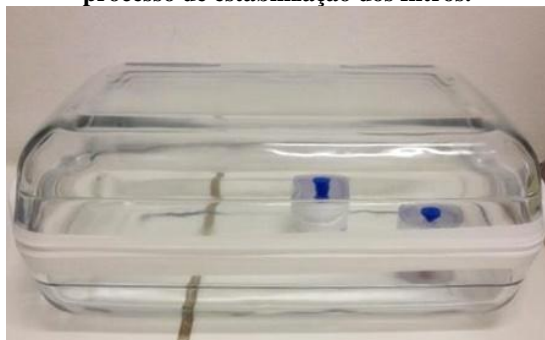
Posteriormente, colocava-se os filtros, juntamente com os porta-filtros abertos, em duas fôrmas de vidro, limpas com álcool etílico, de maneira que ficassem uma sob a outra e fazia-se a vedação com fita teflon. Este procedimento tinha como objetivo estabilizar os filtros, de maneira a ficarem próximos das condições do laboratório onde ocorriam as pesagens. Para que isso ocorresse, deixava-se por no mínimo três horas antes que se fizesse as pesagens pré-coleta. A Figura 7 e a Figura 8 mostram o procedimento descrito anteriormente.

**Figura 7. Preparação dos filtros e sua inserção nas fôrmas de vidro, utilizadas para estabilização.**



Fonte: Elaborada pela autora.

**Figura 8. Fôrmas de estabilização, vedadas por fita teflon, fazendo o processo de estabilização dos filtros.**



Fonte: Elaborada pela autora.

Ao findar o período de estabilização, fazia-se a limpeza com álcool etílico dos instrumentos utilizados, tais como as pinças, a parte externa da balança, bem como a parte interna e a bancada, com a finalidade de que nada interferisse nos resultados. Inicialmente, colocava-se os mesmos códigos dos filtros que se iria utilizar em 05 recipientes suportes (bandejas pequenas, com formatos retangulares de plástico), pesando-os sequencialmente e por três vezes todos eles, já que a balança utilizada não respondia a precisão solicitada pela norma, pois esta demandava que se fizesse duas pesagens e que caso a diferença

entre elas fosse maior que 0,02 mg, devia-se pesar uma terceira vez. Como a balança utilizada apresentava seus resultados com quatro casas decimais e em gramas, a precisão requisitada pela norma não era possível de se atingir, portanto, estabeleceu-se que seriam pesados três vezes cada recipiente e três vezes a junção do recipiente mais filtro.

Em seguida, colocava-se os respectivos filtros dentro dos recipientes correspondentes e, também, pesava-se sequencialmente a junção do filtro mais recipiente, como mostra a Figura 9, iniciando-se pelos filtros testemunhos seguidos pelos outros 03 filtros. Em todas as pesagens, colocava-se o que se deseja conhecer a massa e esperava-se a completa estabilização da balança, antes de iniciar a leitura. Os resultados obtidos eram anotados para posterior tratamento. O procedimento de pesagem, tanto dos filtros antes da coleta, quanto após coleta, bem como o período de estabilização foram realizados no Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal, que fica localizado no Centro de Ciências Agrárias da UFSC.

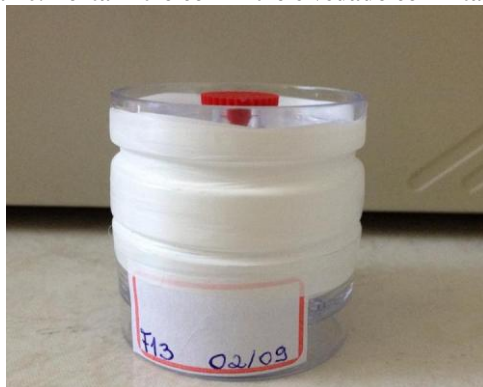
**Figura 9. Recipiente contendo filtro.**



Fonte: Elaborada pela autora.

Ao finalizar as leituras das massas, colocavam-se os filtros novamente nos seus respectivos porta-filtros e manualmente fechavam-se os porta-filtros. A vedação dos mesmos era feita com pelo menos três camadas de fita teflon. A Figura 10 mostra um porta-filtro já vedado. Com os filtros vedados, estes ficavam prontos para serem levados a campo.

**Figura 10. Porta-filtro com filtro e vedado com fita teflon.**



Fonte: Elaborada pela autora.

Ao retornar da coleta, observava-se o estado dos porta-filtros e seu conteúdo após coleta. Posteriormente, abria-se cada um dos porta-filtros com auxílio de uma espátula de metal, cuidadosamente para que nada da amostra fosse perdida, e todos eram assentados dentro das duas fôrmas de vidro, que ficavam uma sobre a outra. Em seguida, fazia-se a vedação das fôrmas com fita teflon, deixando-os estabilizar por no mínimo 3 horas no laboratório de pesagem.

Ao cumprir o mínimo de 3 horas, as amostras eram pesadas. Como o material particulado das amostras apresentava-se sempre solto do filtro de membrana, pesava-se apenas uma vez cada filtro juntamente com o que ficava solto. Para isso, e para que nada da amostra fosse perdida, utilizava-se também nesse momento um recipiente de plástico, leve e quadrado (com mesmo aspecto do utilizado nas pesagens antes da coleta). Tarava-se primeiramente o recipiente e em seguida, cuidadosamente adicionava-se o filtro de membrana, bem como a quantidade de carvão vegetal que encontrava-se solta.

Com os dados das massas dos filtros antes da amostragem e pós amostragem, pode-se então determinar a massa coletada sobre o filtro através da diferença entre a massa do filtro carregado e a massa do filtro virgem, como está descrito a seguir:

$$\text{Massa da Amostra} = (\text{massa do filtro carregado}) - (\text{massa do filtro virgem}) \quad (4.1)$$

Com a finalidade de compensar as variações ocorridas entre as pesagens de um mesmo filtro, em dias diferentes, calculava-se com base nos filtros testemunhos um fator de correção, que se dá por:

$$F = \frac{(c - a) + (d - b)}{2} \quad (4.2)$$

onde:

F = fator de correção;

a = massa inicial do filtro testemunho T<sub>1</sub>;

b = massa inicial do filtro testemunho T<sub>2</sub>;

c = massa final do filtro testemunho T<sub>1</sub>;

d = massa final do filtro testemunho T<sub>2</sub>;

sendo que:

- a massa inicial corresponde à massa do filtro testemunho quando acompanha a pesagem dos filtros do respectivo lote antes da coleta;

- a massa final corresponde à massa do filtro testemunho quando acompanha a pesagem dos filtros do respectivo lote após coleta;

Com os resultados dos cálculos mencionados, pode-se calcular a massa corrigida da amostra compensando as variações com a inversão do sinal do fator de correção, isto é:

Se  $F > 0$ , então a MASSA CORRIGIDA = (massa da amostra) - F;

Se  $F < 0$ , então a MASSA CORRIGIDA = (massa da amostra) + F;

Para análises gravimétricas de amostras soltas, a norma recomenda que o resultado seja fornecido com um número inteiro e sem algarismos decimais para massas superiores a 1 mg e com um algarismo decimal para massas inferiores a 1 mg.

A coleta de material particulado durante o processo de descarregamento dos fornos pelos agricultores de Biguaçu, baseou-se na norma NHO 08 de Coleta de Material Particulado Sólido Suspenso no Ar de Ambientes de Trabalho. Esta norma, estabelece um procedimento padronizado para coleta de material particulado sólido em filtros de membrana com a finalidade de obter amostras representativas das

partículas suspensas no ar dos ambientes de trabalho, que serão descritos os passos a seguir:

Primeiramente, conheceu-se o local de amostragem e selecionou-se o tipo de coleta para o estudo, que foi a coleta individual (pessoal), que se caracteriza por um sistema que é colocado no trabalhador, na posição da altura respiratória. A escolha desse tipo de coleta, se deve por ser utilizado para estimar a exposição dos trabalhadores, seguindo então a linha principal desse trabalho. A seleção dos trabalhadores, que portarão o dispositivo de coleta, foi feita observando qual dos agricultores ficava mais tempo dentro do forno carregando as embalagens de carvão, ou seja, o agricultor de maior risco a atividade.

O número de amostras a serem coletadas, por estar relacionado ao dispositivo de coleta e pela capacidade de retenção, optou-se pelas amostras consecutivas de período completo, dentre as opções, amostra única de período completo e amostras de período parcial. A escolha foi feita a partir do objetivo do trabalho, que era avaliar toda a etapa de descarregamento de carvão vegetal e também considerando a definição da norma para este tipo de amostra, que comenta que as amostras únicas de período completo são feitas em várias amostras de ar sendo coletadas, de maneira que o período de coleta deverá corresponder à jornada diária de trabalho.

Além da escolha do tipo de amostra, definiu-se que o período de amostragem seria nos meses de agosto, setembro e outubro, em vários eventos, ou seja, em várias fornadas de carvão.

Os materiais selecionados para a amostragem, estão também descritos na norma, sendo eles: filtro de membrana, porta filtro, bomba de amostragem e mangueira.

Para a coleta das amostras, adquiriu-se uma bomba de amostragem de ar do modelo Airlite, do fabricante SKC com série número A060158 e código 110-100, conforme mostrado na Figura 11.

**Figura 11. Bomba modelo Airlite - Fabricante SKC.**



Fonte: Elaborada pela autora.

A calibração da bomba foi feita pela empresa na qual foi adquirida, apresentando no certificado de ensaio (Anexo B), desempenho correspondente a  $k \approx 2,00$ , gerando assim um nível de confiança de aproximadamente 95%. Deste modo, o limite de tolerância ( $\pm 5$ ) ficou de acordo com o solicitado pela norma NHO 07/Fundacentro, que trata da Calibração de Bombas de Amostragem Individual pelo Método da Bolha de Sabão. Dessa forma, a bomba já estava calibrada para a vazão de 2L/min, que compreende a faixa estabelecida pela norma NHO 08 para o procedimento de coleta de carvão vegetal, além de ser o valor mais próximo da vazão da respiração humana.

Antes de chegar em campo, verificava-se a vazão da bomba, com o objetivo de conferir se a vazão estava adequada ao estipulado inicialmente, de 2 L/min. Montava-se o sistema de coleta acoplado da bomba de amostragem, por meio de uma mangueira. Após, instalava-se o mesmo no agricultor, a menos de 20 cm abaixo da altura de respiração, como mostrado no Anexo C, verificando-se a entrada de ar e ligando-se a bomba. Neste momento, fazia-se anotações indicando o horário de início, código do filtro, nome do agricultor e possíveis observações em relação ao local. O formulário utilizado segue no Apêndice A, que está modificado em relação a NHO 08, pelas peculiaridades da atividade.

Durante o tempo da coleta, acompanhava-se o agricultor, bem como observava-se o funcionamento da bomba, verificando o processo. A cada uma hora desligava-se a bomba, trocava-se o porta filtro e anotava-se o horário.



Ao findar o período de descarregamento, desconectava-se, cuidadosamente, a mangueira da bomba de amostragem, em seguida, do dispositivo de coleta. Retirava-se o porta-filtro do sistema de coleta e tampava-se os orifícios de entrada e saída de ar. Guardava-se os porta-filtros contendo as amostras, com a face amostrada pra cima, em uma caixa.

Para a obtenção dos resultados das massas corrigidas utilizava-se as recomendações de cálculo da NHO 03 e, posteriormente, utilizava-se as recomendações da NHO 08 para se obter as concentrações médias ponderadas pelo tempo de material particulado. A fim de se obter as concentrações médias, inicialmente calculava-se o volume de ar amostrado, através da seguinte expressão:

$$V = \frac{Q_m \cdot t}{1000} \quad (4.3)$$

sendo:

V = volume de ar amostrado em m<sup>3</sup>;

Q<sub>m</sub> = vazão média em L/min;

t = tempo total de coleta em minutos;

Os resultados de concentração de material particulado no ar foram obtidos através da seguinte expressão:

$$C = \frac{m}{V} \quad (4.4)$$

sendo:

C = concentração da amostra em mg/m<sup>3</sup>;

m = massa da amostra em mg;

V = volume de ar amostrado em m<sup>3</sup>;

E por fim, os resultados obtidos anteriormente das concentrações de cada amostra de material particulado foram utilizados para o cálculo da concentração média ponderada pelo tempo para a jornada de trabalho. Desse modo, temos a seguinte expressão:

$$C_{MPT} = \frac{C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2 + \dots + C_n \cdot t_n}{t_{total}} \quad (4.5)$$

sendo:

$C_{MPT}$  = concentração média ponderada pelo tempo;

$C_n$  = concentração de material particulado obtida na amostra n;

$t_n$  = tempo de coleta da amostra n

$t_{total}$  = tempo total de coleta =  $t_1 + t_2 + \dots + t_n$ ;

#### **4.3.4 Relação entre a concentração de material particulado com:** **a) limites de tolerância, estabelecendo assim o nível de** **exposição dos agricultores; b) as condições ambientais** **durante o descarregamento.**

##### **4.3.4.1 Relação entre a concentração de material particulado com** **limites de tolerância**

Através dos limites de tolerância, estabelecidos pela Portaria N.º 3.214 de 1978 em sua norma regulamentadora N.º 15, anexo N.º 11, e a partir da jornada de trabalho do trabalhador para diferentes agentes químicos, pode-se conhecer o valor máximo ao qual o trabalhador pode ficar exposto para um determinado tempo.

Por meio dos dados de concentrações de material particulado obtidos na etapa de aproveitamento de carvão vegetal e por meio de tratamento estatístico, pode-se obter os valores máximos para jornadas semanais para a atividade, bem como, se os valores encontrados em campo são ultrapassados para o agente químico em questão. Desse modo, os resultados encontrados são relacionados com o que a norma estabelece para a segurança do trabalhador, assim como se existem evidências de que a técnica poderia gerar algum dano a saúde destes.

Os valores dos limites de tolerância brasileiros indicados na Tabela do Anexo A, por dizerem respeito a uma jornada de trabalho de até 48 horas semanais, precisaram ser corrigidos para o tempo de trabalho em que o agricultor fica exposto semanalmente. Desse modo, através do Método de Brief e Scala (1975), o fator de correção semanal (FC) foi calculado por (4.6).

$$FC_{semanal} = \frac{Hps}{Hs} \times \frac{168 - Hs}{168 - Hps} \quad (4.6)$$

onde:

FC: fator de correção semanal;

Hps: duração da jornada semanal padrão, em horas, para a qual foi estabelecido o limite de tolerância, sendo USA = 40 horas e Brasil = 48 horas;

Hs: duração da jornada de trabalho semanal real, em horas;

168: número total de horas da semana;

Com o resultado de FC semanal, pode-se obter os valores dos limites de tolerância corrigidos, com auxílio da equação (4.7).

$$LT_{\text{corrigido}} = FC_{\text{semanal}} \times LT_{48h/\text{semanais}} \quad (4.7)$$

Os resultados obtidos dos limites de tolerância corrigidos são então utilizados para a obtenção dos valores máximos. Os valores máximos, segundo a NR N.º15, são os valores limites, os quais as concentrações das amostragens não deverão ultrapassar, sujeito a ser considerada uma situação de risco grave ou iminente. Para a obtenção destes valores utilizou-se a equação (4.8) e a Tabela 12.

$$\text{Valor máximo} = LT_{\text{corrigido}} \times FD \quad (4.8)$$

onde:

$LT_{\text{corrigido}}$ : limite de tolerância corrigido para a jornada de trabalho semanal de um agente químico;

FD: fator de desvio, descrito na Tabela 12;

**Tabela 12. Quadro com os Fatores de Desvio correspondentes para cada faixa de Limite de Tolerância.**

<b>L.T. (pp, ou mg/m³)</b>	<b>F.D.</b>
<b>0 a 1</b>	3
<b>1 a 10</b>	2
<b>10 a 100</b>	1,5
<b>100 a 1000</b>	1,25
<b>acima de 1000</b>	1,1

Fonte: Adaptado da Portaria N.º 3.214 de 1978, anexo N.º 11.

A partir dos valores máximos, pode-se determinar se as concentrações obtidas nas amostragens estavam superiores ou inferiores ao recomendado, sendo mostrado esse resultado em número de vezes maior ou menor.

#### 4.3.4.2. Relação entre a concentração de material particulado com as condições ambientais durante o descarregamento

A fim de verificar a possível relação das condições climáticas do ambiente com os resultados encontrados de concentração de material particulado total, buscou-se os dados de umidade, temperatura máxima e temperatura mínima referentes ao dia de coleta. A busca destes foi feita na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os aspectos observados para a identificação dos dados foram os dias das respectivas coletas e os dados mais próximos aos horários destas.

Com as informações das umidades, temperaturas máximas e temperaturas mínimas, unidas com as informações coletadas dos resultados das concentrações médias ponderadas pelo tempo de MP pode-se construir gráficos relacionando as seguintes variáveis: concentração média ponderada pelo tempo de MP x umidade, concentração média ponderada pelo tempo de MP x temperatura máxima e de concentração média ponderada pelo tempo de MP x temperatura mínima.

As medidas estatísticas escolhidas para explicar o comportamento das séries mencionadas anteriormente, foram a covariância e a correlação, sendo obtidas, respectivamente:

$$\frac{cov(x, y)}{n} = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n x_i) (\sum_{i=1}^n y_i) \right] \quad (4.9)$$

$$\rho(x, y) = \frac{cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4.10)$$

em que  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$  são os desvios padrões de cada variável definidos por:

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (4.11)$$

A covariância, em resumo, fornece uma medida não normalizada do grau em que duas variáveis se movem juntas. Se o resultado obtido for maior que zero, significará que as duas variáveis estão diretamente relacionadas. Se for menor que zero, pode-se concluir que as duas variáveis possuem relações inversas. No entanto, se o resultado da

covariância for igual a zero não existe nenhuma relação entre as duas variáveis.

Da mesma forma, a correlação fornece uma relação de interdependência de variáveis, porém esta relação está normalizada, ou seja, assume valores entre -1 e 1. Portanto, a correlação além de prover informação sobre o sentido da relação, também articula sobre a intensidade desta relação.

Para encontrar os valores de covariância e correlação utilizou-se o software estatístico Excel.



## 5 RESULTADOS

A partir da revisão bibliográfica feita para eleger a metodologia a ser utilizada, optou-se pelas normas de higiene ocupacional NHO 03 e NHO 08, pois se adequavam melhor a finalidade do trabalho e pela praticidade de se utilizar uma bomba de amostragem com filtros.

O processo de descarregamento, ou aproveitamento do carvão vegetal, depende da condição climática, sendo observado pelos agricultores principalmente se está chovendo no momento programado para desenvolver a atividade. A chuva, além de dificultar a locomoção e o acesso ao local em que os fornos se encontram, já que estes localizam-se, geralmente, nas partes mais altas dos morros, ainda prejudica a qualidade do produto. Portanto, é necessário que no momento do aproveitamento do carvão vegetal não esteja chovendo.

Este processo consiste em, inicialmente, fazer o desmonte da porta do forno, que é constituído de tijolos e barro. Com as mãos o agricultor vai retirando os tijolos, empilhando-os ao lado do forno, para que, em uma nova fornada, possam ainda ser utilizados. No decorrer do procedimento, o agricultor faz uso de roupas comuns e de botas, sendo que foi observado em apenas uma coleta a agricultora fazendo uso de luvas e de uma máscara simples, cobrindo a região do nariz e da boca. Os demais agricultores, ao serem questionados sobre esses equipamentos, alegaram não utilizá-los por sentirem incômodos, como maior produção de suor no local e dificuldade ao respirar.

Com a porta do forno aberta e auxílio de uma pá, a entrada do forno é limpa, retirando uma mistura de pequenos fragmentos de carvão, cinzas e solo. Assim, com a superfície da entrada limpa, o agricultor recolhe os pedaços de carvão com as mãos, depositando-os dentro de embalagens apropriados para venda. Alguns deles, utilizam pás durante o procedimento, todavia foi observado que em apenas um dos casos o agricultor utilizava durante o período inteiro de descarregamento. Este período costuma variar entre 2 a 3 horas nos descarregamentos observados. O tamanho dos sacos utilizados para a comercialização do produto durante as visitas, eram os que comportavam 7kg, no entanto estes também comercializam sacos de carvão vegetal de 3kg.

O serviço, comumente, é realizado por dois agricultores no total, sendo que um deles fica dentro do forno recolhendo o carvão vegetal e o outro fica do lado de fora com a tarefa de abrir as embalagens para comercialização, deixando-as na porta do forno. Conforme as embalagens vão sendo preenchidas, o agricultor que fica na parte

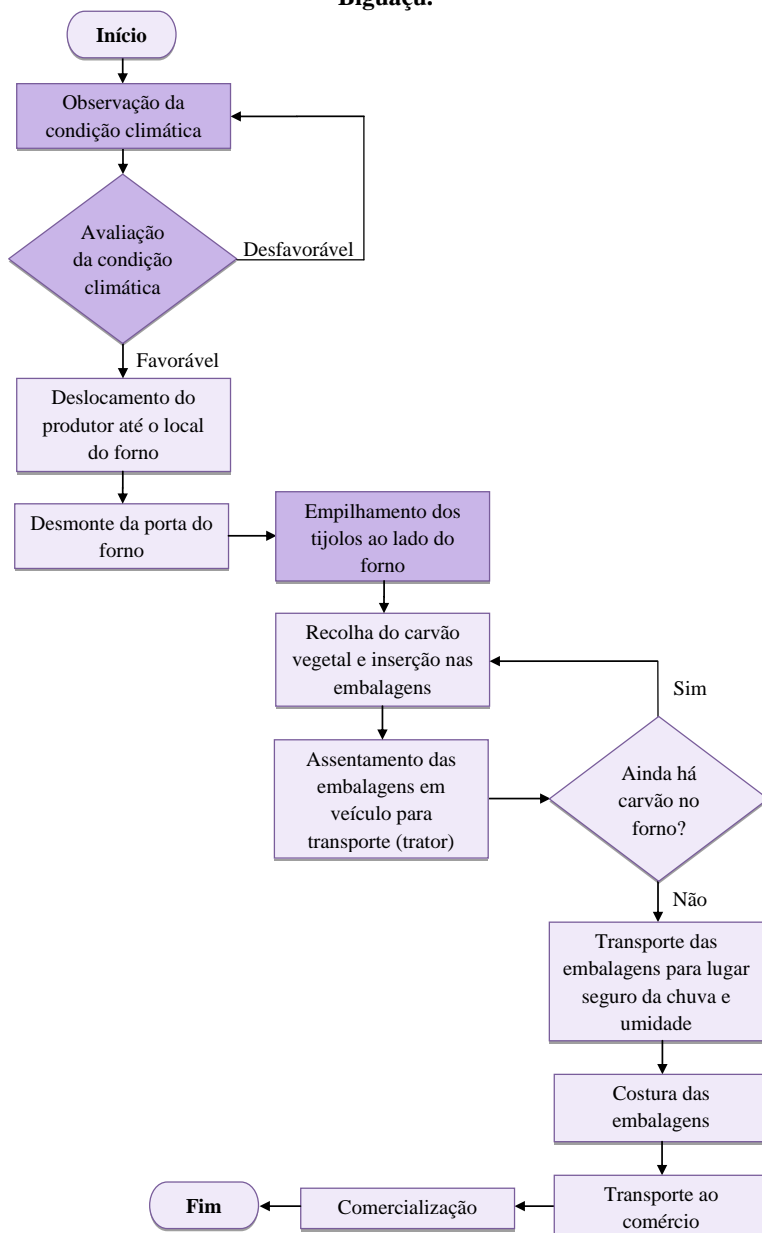
externa do forno, braçalmente vai assentando-as em um trator que comporte a quantidade total do carvão vegetal produzido ou a maior parte dele.

As embalagens, após preenchidas, são encaminhados para um lugar seguro, protegidas da chuva e de umidade excessiva. Neste local, os agricultores com auxílio de uma máquina apropriada, costuram as embalagens deixando-as prontas para serem encaminhadas para a comercialização.

O fluxograma da Figura 12 descreve o procedimento desde a tomada de decisão se o agricultor vai ou não descarregar o forno até o momento da comercialização.



**Figura 12. Procedimento de descarregamento de carvão vegetal feito em Biguaçu.**



Fonte: Elaborado pelo autora.

No que diz respeito à concentração de material particulado total, a Tabela 13 apresenta os resultados obtidos nas oito amostragens das concentrações médias ponderadas pelo tempo, assim como o tempo de amostragem e o volume de ar amostrado de cada uma delas.

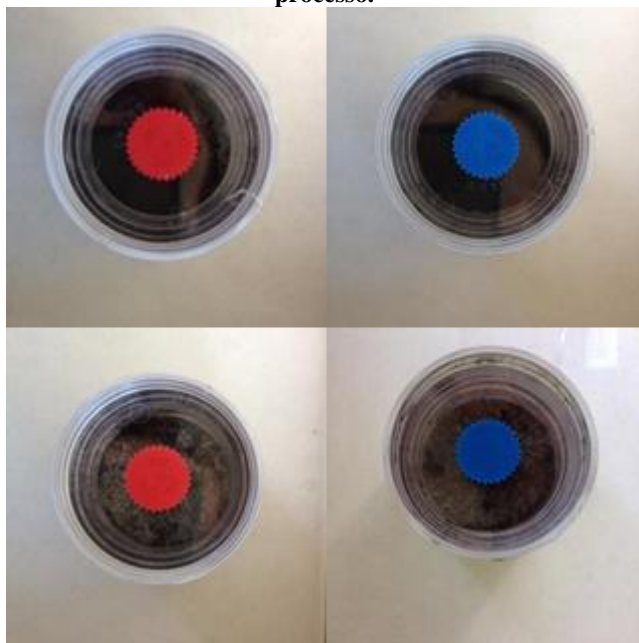
**Tabela 13. Concentrações médias ponderadas pelo tempo referentes a cada amostragem.**

<b>Amostra</b>	<b>Tempo de amostragem [min]</b>	<b>Volume de ar amostrado [m³]</b>	<b>Concentração Média Ponderada pelo Tempo [mg/m³]</b>
<b>1</b>	135	0,27	366
<b>2</b>	120	0,24	105
<b>3</b>	120	0,24	186
<b>4</b>	120	0,24	309
<b>5</b>	120	0,24	395
<b>6</b>	145	0,29	330
<b>7</b>	145	0,29	282
<b>8</b>	120	0,24	130

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 13, mostra alguns cassetes contendo em seu interior material particulado, proveniente da etapa de descarregamento dos fornos.

**Figura 13. Cassetes com amostras de material particulado total do processo.**



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 14, são apresentados os resultados obtidos para os limites de tolerância, o valor máximo e se os resultados das concentrações médias ponderadas obtidos nas amostragens são superiores ou não aos valores máximos.

**Tabela 14. Limites de Tolerância e Valores Máximos corrigidos para as amostragens analisadas.**

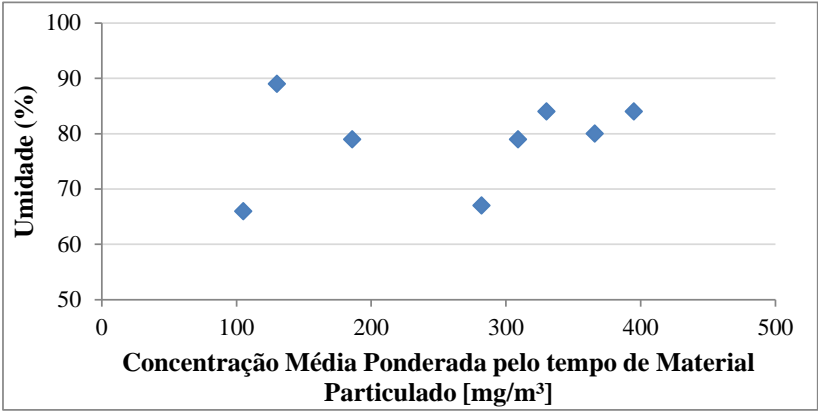
<b>Legislação Brasileira</b>						
<b>Amostra N°</b>	<b>Tempo de Amostragem Total (horas)</b>	<b>FC semanal (Método de Brief e Scala)</b>	<b>Limite de Tolerância Corrigido (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Valor Máx.</b>	<b>Concentração média ponderada pelo tempo de MP (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Quantas vezes em relação ao Valor Máx.</b>
1	2,25	29,5	103,1	128,9	366,0	2,8*
2	2	33,2	116,2	145,3	105,0	0,7
3	2	33,2	116,2	145,3	186,0	1,3*
4	2	33,2	116,2	145,3	309,0	2,1*
5	2	33,2	116,2	145,3	395,0	2,7*
6	2,42	27,4	95,9	143,9	330,0	2,3*
7	2,42	27,4	95,9	143,9	282,0	2,0*
8	2	33,2	116,2	145,3	130,0	0,9

Fonte: Elaborada pela autora.

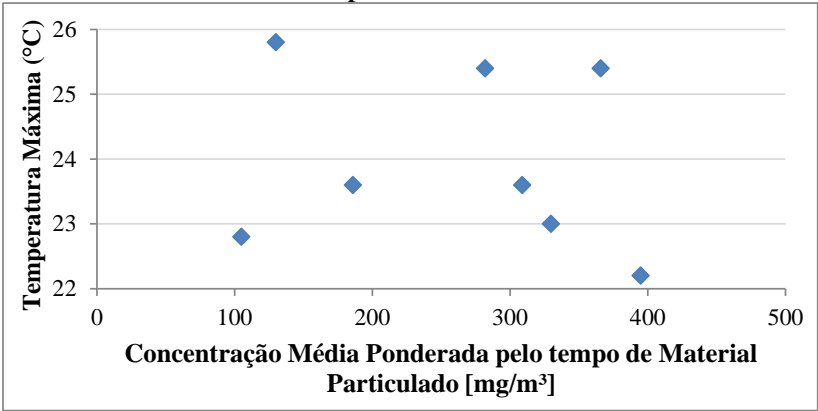
\*O destaque para estes resultados se deve ao fato destes ultrapassarem o valor máximo.

Através dos dados das concentrações obtidas resultantes das amostragens e dos dados obtidos da base do INMET (2015) de umidade, temperaturas máximas e temperaturas mínimas, foi possível traçar gráficos relacionando as variáveis. Estes seguem descritos a seguir.

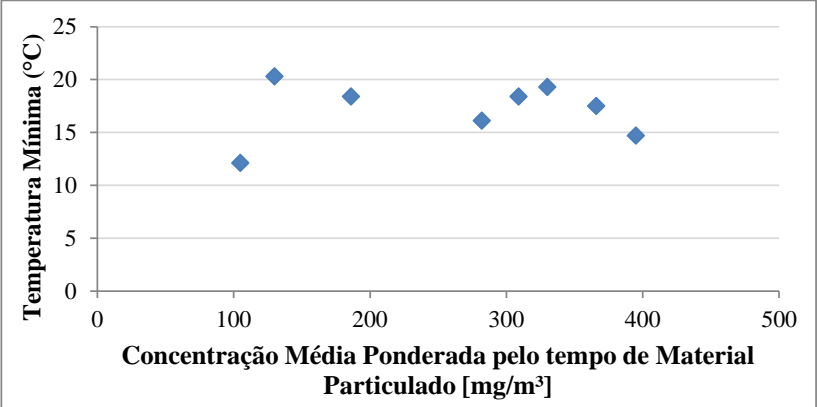
**Figura 14. Gráfico da Concentração Média Ponderada pelo tempo de MP X Umidade.**



**Figura 15. Gráfico da Concentração Média Ponderada pelo tempo de MP X Temperatura Máxima.**



**Figura 16. Gráfico da Concentração Média Ponderada pelo tempo de MP  
X Temperatura Mínima.**



## 6 DISCUSSÃO

Considerando os resultados obtidos e com o intuito de verificar se o processo de aproveitamento de carvão vegetal poderia caracterizar algum risco à saúde dos agricultores de Biguaçu, procurou-se conhecer os limites de tolerâncias estabelecidos na norma regulamentadora (NR) N.º 15. Em 09 de outubro de 1992, a Portaria DNSST N.º 09, incluiu o agente químico negro de fumo, que foi utilizado para os cálculos dos limites de tolerância e valores máximos da Tabela 14, uma vez que na norma não consta o carvão vegetal. A justificativa da escolha de se utilizar o limite de tolerância do agente negro de fumo, para o cálculo do limite de tolerância corrigido, deveu-se ao fato de Michael e Irene Ash, em seu livro *Handbook of Green Chemicals* (2004), utilizarem o carvão vegetal como sinônimo de negro de fumo. E ainda por, alguns agentes químicos possuem em sua composição carbonos "amorfos" (carbonos em diferentes formas), como é o caso do coque, o negro de fumo, o carvão vegetal e o carvão de retorta (YALLICO, 2011).

O limite de tolerância do negro de fumo, estabelecido pela NR N.º15 para 48 horas semanais é de  $3,5 \text{ mg/m}^3$ , porém esse período de tempo é considerado excessivo para a real frequência do período de produção da atividade. Dessa forma, considerou-se que o agricultor produziria carvão apenas uma vez na semana para se obter os resultados do fator de correção semanal ( $FC_{\text{semanal}}$ ), considerando cada amostragem. Os resultados obtidos de cada fator de correção, foram utilizados para se conhecer os limites de tolerância corrigidos e, consequentemente, os valores máximos.

Considerando os resultados encontrados e sabendo que se estaria subestimando-os, uma vez que, muitos dos agricultores observados exercem a atividade mais de uma vez no período de uma semana, pode-se dizer que a atividade é altamente impactante, pois em 75% dos resultados obtidos das concentrações médias ponderadas ultrapassaram os valores máximos, calculados considerando cada amostragem separadamente. Cabe ressaltar, que o número de vezes que a concentração ultrapassou o valor máximo, chega a ser quase 3 vezes maior em alguns casos, o que segundo a NR N.º 15 fica "sob a pena de ser considerada de risco grave e iminente".

Ainda, baseando-se no agente químico negro de fumo, o limite de tolerância estabelecido pela ACGIH é de  $3,0 \text{ mg/m}^3$  para 40 horas semanais, conforme mostrado na Tabela 11. Por ser diferente do limite de tolerância brasileiro (NR N.º 15), também alteraria os resultados de

limites de tolerância corrigidos, caso se fizesse ajuste por Brief e Scala (1975). Mesmo assim, também pela ACGIH, evidencia-se que as concentrações médias de material particulado encontradas ultrapassariam os valores máximos, caso fossem corrigidos para o tempo de trabalho do agricultor.

A fim de se conhecer a qualidade do ambiente de trabalho de carvoarias e supondo que as concentrações de material particulado encontradas nas amostragens tenham em sua totalidade partículas com diâmetro aerodinâmico menor que 10  $\mu\text{m}$ , pode-se buscar uma noção entre os valores de concentração de MP da Tabela 13 com índices de qualidade do ar encontrados na Tabela 2, os quais estão relacionados com risco à saúde. Das oito amostragens, a menor delas está cerca de 250 vezes o valor limite que caracteriza a qualidade do ar como péssima, podendo ocasionar, as pessoas expostas a tais concentrações de MP, manifestações de doenças cardiovasculares e respiratórias.

Enfatizando os efeitos descritos anteriormente, observou-se durante as atividades sintomas como: o ato de tossir corriqueiramente, reclamações de dores na coluna e vermelhidão nos olhos, indicando a propensão de desenvolvimento de doenças relacionadas aos órgãos e partes do corpo atingidas pela atividade.

Ainda, associando-se os resultados obtidos das concentrações médias de MP com a qualidade do ar ambiente, identificou-se que o menor dos valores de concentração de MP, obtidos em 2 horas de descarregamento dos forno, superaram em 120 vezes o valor estabelecido como nível emergencial na Tabela 5 para a qualidade do ar, em 24 horas. É válido ressaltar que os valores da Tabela 5, para partículas totais em suspensão, não discorrem sobre o diâmetro aerodinâmico.

Zuchi (2000), registrou resultados das concentrações de material particulado durante o processo de descarregamento de alguns fornos, nas condições de exposição a poeira respirável, sendo estes apresentados na Tabela 15. As concentrações, obtidas neste trabalho, foram para as funções de forneiro, operador de pá e ajudante. E os tipos de fornos analisados foram: um forno de superfície com produção de 20  $\text{m}^3$  de carvão, um forno retangular com produção de 65  $\text{m}^3$  de carvão e um forno retangular com produção de 120  $\text{m}^3$  de carvão.



**Tabela 15. Resultados da Avaliação Ergonômica do Trabalho na Atividade de Carvoejamento no Mato Grosso do Sul.**

<b>Função</b>	<b>Peso da amostra (mg)</b>	<b>Vazão (L/min)</b>	<b>Tempo de amostragem (min)</b>	<b>Vol. amostrado</b>	<b>Concentração (mg/m³)</b>	<b>Limite de Tolerância (mg/m³)</b>
<b>Operador de Pá</b>	0,12	1,7	80	0,136	0,9	10,0*
<b>Operador de Pá</b>	0,22	1,7	150	0,255	0,9	10,0*
<b>Ajudante</b>	1,83	1,7	150	0,255	7,2	2,5**
<b>Ajudante</b>	0,03	1,7	70	0,119	0,3	10,0*
<b>Forneiro</b>	0,47	1,7	80	0,136	3,4	10,0*

Fonte: Adaptado de ZUCHI (2000).

\*Portaria 3.214/78 MTb, NR 15, Anexo 12. \*\*ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Segundo a avaliação de Zuchi (2000), referente a Tabela 15, os limites de tolerância não foram ultrapassados para nenhum trabalhador, diferentemente do que aconteceu aos agricultores de Biguaçu. Considerando que Zuchi (2000), utilizou valores diferentes aos calculados para os limites de tolerância neste trabalho, ainda assim, pode-se comparar as concentrações obtidas. Estas, por sua vez, indicam que a atividade desenvolvida em Biguaçu é mais impactante a saúde dos agricultores do que a analisada por Zuchi (2000), visto que as concentrações são bem distintas. Aspectos como o tipo de forno, o tamanho e o tipo de lenha são hipóteses utilizadas para a discrepância dos resultados encontrados ao se relacionar as concentrações obtidas neste trabalho e as de Zuchi (2000). Além disso, a forma de trabalho pesquisada por Zuchi (2000) é desenvolvida semi-industrialmente, em vista disso, possivelmente os trabalhadores estivessem fazendo o uso de alguns EPI's, acarretando em amostragens com menor concentração de material particulado.

A fim de buscar uma correlação entre as condições climáticas no dia das coletas com os resultados obtidos nas concentrações médias, fez-se uma análise estatística de interdependência de variáveis. Foram observados, através dos gráficos da Figura 14, da Figura 15 e da Figura 16, o comportamento das seguintes variáveis: concentração média de MP x umidade, concentração média de MP x temperatura máxima e concentração média de MP x temperatura mínima.

As medidas estatísticas utilizadas para explicar o comportamento das séries mencionadas anteriormente, foram a covariância e a correlação.

À respeito dos resultados obtidos de covariância, apresentados na Tabela 16, pode-se dizer que os resultados das concentrações médias de MP e da umidade, assim como das concentração médias de MP com a temperatura mínima, estão estatisticamente relacionados.

**Tabela 16. Análise Estatística de Interdependência de Variáveis.**

<b>Análise Estatística de Interdependência de Variáveis</b>		
<b>Gráficos</b>	<b>Covariância</b>	<b>Correlação</b>
<b>Concentração Média Ponderada pelo Tempo x Umidade</b>	199,20	26%
<b>Concentração Média Ponderada pelo Tempo x Temperatura Máxima</b>	-21,4	-16%
<b>Concentração Média Ponderada pelo Tempo x Temperatura Mínima</b>	22,11	9%

Fonte: Elaborada pela autora.

A partir dos resultados de correlação, pode-se dizer que existe uma baixa relação entre as variáveis. Sendo que existe a possibilidade de outra variável exercer maior influência sobre os resultados encontrados. Pressupõe-se, então, que o comportamento dos agricultores e/ou a técnica utilizada por eles seja fator determinante nesse aspecto.

Nas observações feitas nos dias das coletas, pode-se presenciar duas diferentes formas de recolha do carvão, uma delas era feita com o auxílio de uma pá e uma apenas com as mãos. Através do que pode ser observado, o agricultor que utilizava apenas a pá para recolha, terminava o processo de descarregamento com o corpo menos coberto pelas partículas de carvão vegetal em relação ao agricultor que utilizava somente as mãos para isto. Intui-se também, que a idade dos fornos e a qualidade do processo de construção destes seja outro fator importante nos desproporcionais resultados encontrados de concentração de MPT, visto que as condições estruturais influenciam drasticamente na vedação destes e, consequentemente, na pulverulência do carvão vegetal.

Diante dos resultados obtidos para os limites de tolerância corrigidos, a partir do valor inicial mencionado no anexo A, em que

dispõe como grau máximo de insalubridade para os casos em que o limite de tolerância é ultrapassado, pode-se pressupor que possivelmente os agricultores exercem uma atividade insalubre e com risco iminente.

Estes resultados, somados ao fato de que normalmente os agricultores produzem carvão de 10 a 12 vezes por ano, e que muitos deles desenvolvem esse tipo de atividade desde criança, reforça a hipótese de que possivelmente estas pessoas poderão desenvolver alguma doença respiratória ou cardiovascular, à longo prazo, relacionadas e mencionadas neste trabalho, em decorrência do descarregamento de fornos de carvão vegetal.



## 7 CONCLUSÃO

As Normas de Higiene Ocupacional NHO 03 e NHO 08, satisfizeram a finalidade deste trabalho, atendendo também o aspecto da praticidade, fator importante pro contexto de produção da região de estudo.

O processo de caracterização mostrou-se em 12 etapas, como apresentado na Figura 12. Como resultado deste, observou-se que é um processo tradicional e que além dos riscos relacionados à exposição a grandes quantidades de material particulado, o agricultor fica exposto ao calor, a problemas nas articulações e na coluna. Além disso, nota-se que o trabalho é árduo, demonstrando-se cansados ao findar o descarregamento, e que sentem-se incomodados pelo material particulado proveniente do carvão vegetal ao qual ficam expostos dentro do forno.

Ainda, deve-se acrescentar que as concentrações obtidas em 75% das amostragens ultrapassam os valores máximos, sendo que, em alguns casos, chega a ser quase 3 vezes superior a este. Considerando que as concentrações médias de material particulado extrapolam os valores máximos e por assim ficarem, segundo a NR N.º 15 da Portaria N.º 3.214, "sob pena de ser considerada de risco grave e iminente", pressupõe-se que a atividade é prejudicial à saúde dos agricultores, afetando principalmente o sistema respiratório.

Assim, acredita-se que, através deste trabalho, ficou evidente que os riscos associados a exposição ao material particulado, produzido pelo processo de descarregamento de carvão vegetal, podem ser bastante adversos à saúde dos agricultores. Em vista disso, este poderá servir de auxílio para futuras pesquisas relacionadas à higiene ocupacional, à amostragens de agentes químicos e sobre efeitos prejudiciais à saúde provenientes da exposição ao carvão vegetal.



## 8 RECOMENDAÇÕES

Com base nas observações feitas em campo e por meio da revisão bibliográfica deste trabalho, sugere-se melhorias construtivas dos fornos, aliando uma tecnologia mais avançada em comparação ao sistema tradicional existente a um ambiente de trabalho de melhor qualidade.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, fica evidente que para exercer tal atividade é necessário o uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) e medidas de proteção coletiva. Também com o objetivo de diminuir os riscos em decorrência da exposição ao material particulado, indica-se medidas de higiene pessoal, como alertar aos agricultores a lavarem as mãos antes das refeições, que muitas vezes ocorrem no próprio ambiente de trabalho.

Considerando os resultados deste trabalho, entende-se que seja importante sensibilizar os agricultores sobre os riscos relativos que a atividade proporciona, buscando assim enfatizar a necessidade do uso de EPI's. Assim como, que órgãos do setor público, como as Universidades, a Epagri e a Vigilância Sanitária, promovam um trabalho de extensão educativa no local, apoiando e dando suporte à atividade, buscando melhorar as condições de trabalho e a saúde desses agricultores.

Outra recomendação, é que seja feita uma vigilância da saúde desses agricultores, através de exames periódicos do sistema respiratório, como os de raio-x dos pulmões, visando avaliar o estado de saúde destes.

Como perspectivas de trabalhos futuros são necessárias pesquisas mais aprofundadas relacionadas à amostragens de carvão vegetal e higiene ocupacional, assim como sobre os efeitos adversos causados à saúde daqueles agricultores, que sobrevivem da atividade carvoeira. À vista disso, para que se pudesse afirmar se os agricultores de Biguaçu desenvolveram doenças a partir do ambiente de trabalho, seria necessário fazer um estudo de Coorte, em que se observaria e se analisaria a relação existente entre a presença de um fator de risco, a exposição ao material particulado, com o desenvolvimento de enfermidades.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C. **As roças e o manejo da Mata Atlântica pelos caiçaras: Uma revisão.** Revista Interciência. Vol. 25, nº 03, p. 143-150, 2000 a.

ALMEIDA, I. T. de. **A Poluição Atmosférica por Material Particulado na Mineração a Céu Aberto.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de mestre em Engenharia. São Paulo, 1999.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH). **TLVs and BEIs: based documentation of threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices.** Cincinnati, p. 3-4, 2010.

AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION (AIHA). **A strategy for assessing and managing occupational exposures.** Fairfax, 1998.

AMERICAN LUNG ASSOCIATION. **Urban air pollution and health inequities: a workshop report.** Environmental Health Perspectives, (Suppl. 3):357 - 374, 2001.

ANDRADE, S. J.; ANJOS, J. P.; GUARIEIRO, L. L. N.; LOPES, W. A.; CARVALHO, L. S.; SOUZA, E. T.; SILVA, R. L. da; REGIS, A. C. D.; SILVA, J. D. S. da; CARDOSO, M. P.; ROCHA, G. da; ANDRADE, J. B. de. **Concentração de material particulado atmosférico (MP10 e MP2,5) em duas regiões distintas da Bahia: uma estação de ônibus e uma Ilha.** In: 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Florianópolis/SC, p.36, 2011.

ASH, M.; ASH, I. **Handbook of Green Chemicals.** 2ª Edição. EUA, 2004.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO (ALESP). **Decreto N.º 59.113 – Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas.** São Paulo: Secretaria Geral Parlamentar, 17 p. 2013.

ASSUNÇÃO, J. V. **Poluição atmosférica**. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. 271-308 p. São Paulo, 1998.

BARROS, L. V. L. de. **Avaliação da Relação entre Parâmetros Meteorológicos e Concentrações de Material Particulado Inalável (MP<sub>10</sub>) no Campus da UFSC**. Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 88 p., 2014.

BRASIL. **Lei N.º 11.326, de 24 de Julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais**. [Online] 24 de Julho de 2006. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm). Acesso em: 08 de Maio de 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Biblioteca Virtual em Saúde**. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo\\_pneumoconioses.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_pneumoconioses.pdf)  
[dfhttp://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo\\_pneumoconioses.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_pneumoconioses.pdf). Acesso em: 05 de Outubro de 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Portaria MTb N.º 3.214, de 08 de Junho de 1978**. Estabelece a Norma Regulamentadora N.º 15 - Atividades e Operações Insalubres. Brasília, DOU, Julho de 1978.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N.º 003, de 28 de Junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR**. Brasília, DOU, agosto de 1990.

BRIEF, R. S.; SCALA, R. A. **Occupational Exposure Limits for Novel Work Schedules**. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 36, 467-469, 1975.

BRITO, J. O. **Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira**. Documentos Florestais. Piracicaba, n. 9. p.1-19, maio, 1990.

BRITO, M. J. (et.al.). **Perfil da classe trabalhadora na atividade carvoejamento**. Belo Horizonte: Forest (anais), p. 304-305, 1996.

BRUNEKREEF, B.; HOLGATE, S. T. **Air pollution and health.** Lancet, v. 360, p. 1233–42, 2002. Disponível em: <http://www.scopus.com/record/display.url?eid=2-s2.00037136933&origin=inward&txGid=F61C05B7CC3BEDE38D738AF9900F04DC.WIW7NKKC52nnQNxjqAQrLA%3a2>. Acesso em: 09 de Maio de 2015.

BUSCHINELLI, J. T. **Manual para interpretação de informações sobre substâncias químicas.** São Paulo: Fundacentro, 62 p., 2011.

CAPRA. F. **O ponto de mutação.** São Paulo: Cultrix, 1982.

CASTRO, H. A.; GOUVEIA N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J. A. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde.** Revista Brasileira Epidemiológica 6: 135-49, 2003.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Ar/Qualidade do ar/Informações/Poluentes.** São Paulo, 11 de novembro de 2001. Disponível em: <[http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar\\_saude.asp](http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp)>. Acesso em: 11 de novembro de 2015.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2005.** São Paulo, 140 p., 2006. (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103).

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2006.** São Paulo, 167 p., 2007. (Série Relatórios/ Secretaria do Estado e Meio Ambiente, ISSN 0103-4103).

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Produtos e Serviços.** 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1125&t=2>>. Acesso em: 07 de Maio de 2015.

CONTI, M. E.; CECCHETTI, G. **Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review.** Environmental Pollution, v. 114, p. 471-492, 2001.

CUNHA, G. F. **Valoração da Saúde Humana em Estudos de Impacto Ambiental**. Tese submetida a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 401 p., 2013.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 266p., 1999.

DIAS, E. C.; ASSUNÇÃO, A. A.; GUERRA, C. B.; PRAIS, H. A. C. **Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil**. Caderno de Saúde Pública 18, p. 269-277, Jan/Fev, Rio de Janeiro, 2002.

DOAT, J. & PETROF, G. **La Carbonization des Bois Tropicaux**. Bois et Forêts des Tropiques, Nogent sur Marne,(159): 55-64, 1975.

EUROPEAN COMMISSION – ENVIRONMENT. **Directive 2008/50/EC of the european parliament and of the council – on ambient air quality and cleaner air for Europe**. 2008. Disponível em: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0050>. Acesso em 10 de Maio de 2015.

GARTNER, C. **Os Agricultores Plantadores de Floresta: Um Estudo de Caso na Microbacia São Mateus Três Riachos - Biguaçu**. Trabalho de Conclusão de Curso para à obtenção do título de Bacharel em Geografia. Florianópolis, Santa Catarina, p. 73-78, 2012.

GAUDERMAN, W. J.; AVOL, E.; GILLILAND, F. G.; VORA, H.; THOMAS, D.; BERHANE, K.; MCCONNELL, R.; KUENZLI N.; LURMANN, F.; RAPPAPORT, E.; MARGOLIS, H.; BATES, D.; PETERS, J. **The effects of air pollution on lung development from 10–18 years**. New England Journal of Medicine, 351:1057–1067, 2004.

GOMES, E. P. C.; SUGIYAMA, M.; ADAMS, C.; PRADO, H. M.; JUNIOR, C. J. F. de O. **A sucessão florestal em roças em pousio: a natureza está fora da lei?** Scientia Forestalis. Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 343-352, set. 2013.

GOUVEIA, N. C.; MAISONNE, M. **Air Quality Guidelines. Health effects of air pollution: an overview.** Health Organization Global Update 2005. p. 87-110, 2005.

GUERRA, C. B. **Meio Ambiente e Trabalho no “Mundo do Eucalipto”.** Belo Horizonte: Agência Terra, 1995.

HIRST, A. **Princípios Básicos de Higiene Ocupacional.** Manual do aluno. Outubro de 2010. Disponível em: <<http://www.ohlearning.com/Files/Student/KA02%20v2-0%2018Oct10%20Manual%20Do%20Aluno1.pdf>>. Acessado em: 15 de novembro de 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estações e Dados.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConven>>. Acesso em: 30 de outubro de 2015.

JANSSEN, N.; MEHTA, S. **Air Quality Guidelines. Human exposure to air pollution.** Health Organization Global Update 2005. p. 61- 86, 2005.

JUNIOR, O.; LACAVA, C.; FERNANDES, P. **Emissões Atmosféricas.** Ed. pelo SENAI. Brasília, 373p., 2002.

JUVILLAR, J. B. **Tecnologias da transformação da madeira em carvão vegetal.** In: PENEDO, W. R. (Comp.). Uso da madeira para fins energéticos. Belo Horizonte: CETEC, 158 p., 1980. (Série Publicações Técnicas, n. 1)

KATO, M.; DEMARINI, D. M.; CARVALHO, A. B.; REGO, M. A. V.; BONFIM, A. S. V.; LOOMIS, D. **World at work: Charcoal producing industries in northeastern Brazil.** Occup. Environ. Med. V. 62, p. 128-132, 2005.

KLEIN, R. M. **Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí.** Sellowia, v.32, p.164-369, 1978.

KREWSKI, D.; BURNETT, R. T.; GOLDBERG, M. S.; HOOVER, B. K.; SIEMIATYCKI, J. JERRETT, M.; ABRAHAMOWICZ, M.;

WHITE, W. H. **Overview of the reanalysis of the Harvard Six Cities study and American Cancer Society study of particulate air pollution and mortality.** Journal of Toxicology and Environmental Health. Part. A 66(16 - 19):1507– 1552, 2003.

KRUPA, S. V.; LEGGE, A. H. **Passive sampling of ambient, gaseous air pollutants: an assessment from an ecological perspective.** Environmental Pollution, v. 107, p. 31-45, 2000.

LISBOA, H. de M.; KAWANO, M. **Controle da Poluição Atmosférica.** Capítulo IV: Monitoramento de Poluentes Atmosféricos. Montreal. Dezembro, 70 p., 2007.

LUCA, F. V. de. **"Botar a Roça": Agricultura de Corte e Queima e Manejo de Bracatingais em Biguaçu/SC.** Trabalho apresentado parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Florianópolis, 76 p., 2011.

MATTEL, L. **Novo retrato da agricultura familiar em Santa Catarina.** Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina 2009 - 2010. Florianópolis : s.n., pp. 25-35, 2010.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico a crise contemporânea.** Paulo: Nead, 567p. 2010.

NASCIMENTO, L. F. C.; FRANCISCO, J. B. **Particulate matter and hospital admission due to arterial hypertension in a medium-sized Brazilian city.** Cad. Saúde Pública [online]. vol.29, n.8, p. 1565-1571, 2013.

NEL, A.; XIA, T.; MÄDLER, L.; LI, N. **Toxic potential of materials at the nanolevel.** Science 311, p. 622-627, 2006.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Análise gravimétrica de aerodispersóides coletados sobre filtros de membrana (Método de ensaio).** NHO 03. São Paulo, 34 p., 2001. (Normas de Higiene Ocupacional). Disponível em: < <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/3/nho-03-metodo-de-ensaio>

analise-gravimetrica-de-aerodispersoides-solidos-coletados-sobre>.  
Acesso em: 01 de Outubro de 2015.

———. **Calibração de bombas de amostragem individual pelo método da bolha de sabão. (Procedimento técnico).** NHO 07. São Paulo, 30 p., 2002. (Normas de Higiene Ocupacional).

———. **Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho (Procedimento técnico).** NHO 08. São Paulo, 24 p., 2007. (Normas de Higiene Ocupacional). Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/3/nho-0-coleta-de-material-particulado-solido-suspenso-no-ar-de-ambientes-de-trabalho>>. Acesso em: 01 de Outubro de 2015.

OBERDÖRSTER, G. **Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nano materials: elements of a screening strategy.** Particle and Fibre Toxicology 2, p. 1-35. 2005.

OTT, W. R. **Concepts of human exposure to air pollutants.** Environment International, 7:179-196, 1982.

PEIXOTO, N. H.; FERREIRA, L.S. **Higiene Ocupacional III.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 2013.

PINHEIRO, P. C. C.; VIANA, E.; REZENDE, M. E. A. de; SAMPAIO, R. S. **A produção de carvão vegetal: teoria e prática.** 1ª. ed. Belo Horizonte: Edição do autor, 2006.

RIBEIRO, J. **Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.** Guia de Estudo Parte V - Pós-Graduação - Pitágoras, 20 de Março de 2012.

ROUSSET, P. **Estado da arte das tecnologias de carbonização desenvolvidas na Europa.** Seminário: Prática, Logística, Gerenciamento e Estratégias para o Sucesso da Conversão da Matéria Lenhosa em Carvão Vegetal para Uso na Metalurgia e Indústria. Belo Horizonte, 2006.

SALDIVA, P.H.N.; LICHTENFELS, A.J.F.C.; PAIVA, P.S.O.; BARONE, I.A.; MARTINS, M.A.; MASSAD, E.; PEREIRA, J.C.R.; XAVIER, V.P.; SINGER, J.M.; BOHM, G.M. **Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report.** Environmet Research. 65, pp218 - 225, 1994.

SALDIVA, P. H. N.; POPE, C. A.; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W.; LICHTENFELS, A. J.; BARONE, I.; BOHM, G. M. **Air pollution and mortality in elderly People: a time-series study in São Paulo, Brazil.** Arch. Environ. Health, 50(2): 159 - 163, 1995.

SANCHEZ, E. M. S. **Conversão de Resíduos em Energia. Capítulo IV: Gaseificação e Pirólise.** Salvador, BA. p. 79 - 97, 2011.

SÁNCHEZ, L. E. **A diversidade dos conceitos de impacto ambiental e avaliação de impacto ambiental segundo diferentes grupos profissionais.** In: VII ENCONTRO ANUAL DA SEÇÃO BRASILEIRA DA IAIA - INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT. Rio de Janeiro, 1998.

SANTIAGO, A. **Material Particulado Total Suspenso na Baixa Atmosfera em Cuiabá-MT no Período de Queimadas.** Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre. 99 p., 2013.

SCHWARTZ, J. **Air pollution and children's health.** Pediatrics, 113:1037– 1043, 2004.

SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA (SESI). **Técnicas de Avaliação Para Agentes Ambientais: Manual Sesi.** Brasília, 2007. Disponível em: < [http://www.cpn-nr18.com.br/uploads/documentos-gerais/tcnicas\\_de\\_avaliao\\_de\\_agentes\\_ambientais\\_.pdf](http://www.cpn-nr18.com.br/uploads/documentos-gerais/tcnicas_de_avaliao_de_agentes_ambientais_.pdf)>. Acesso em: 15 de novembro de 2015.

SHAFIZADEH, F. **Introduction to pyrolysis of biomass.** Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. Vol.3(4), p.283-305, 1982.

SILVA, V. R. **Análise Sócio-Ambiental da bacia do Rio Biguaçu-SC: subsídios ao planejamento e ordenamento territorial.** Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, 227 p., 2007.



SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C. **Roça-de-toco: uso de recursos florestais e dinâmica da paisagem rural no litoral de Santa Catarina**. Ciência Rural, 2007.

SOUZA, P. A. de; MELLO, W. Z. de; MARIANI, R. L.; SELLA, S. M. **Caracterização do Material Particulado Fino e Grosso e Composição da Fração Inorgânica Solúvel em Água em São José dos Campos (SP)**. Artigo publicado na Revista Química Nova. Vol. 33, Nº. 6, p. 1247-1253, 2010.

SOUZA, M. C. de. **Cadeias Produtivas do Carvão Vegetal na Agricultura Familiar no Sul do Brasil**. Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre em Agroecossistema. Florianópolis, 195 p., 2013.

TZANAKIS, N.; KALLERGIS, K.; BOUROS, D. E.; SAMIOU, M. F.; SIAFAKAS, N. M. **Short-term effects of wood smoke exposure on the respiratory system among charcoal production workers**. Chest. V. 119, p. 1260-1265, 2001.

ULLER-GÓMEZ, C. & GARTNER, C. **Um caminho para conhecer e transformar nossa comunidade**. Relatório final de pesquisa vinculada ao TOR 23/2006. Florianópolis: EPAGRI/MB2, 111p., 2008.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAME/WORLD HEALTH ORGANIZATION. **GEMS/AIR methodology review handbooks series**. v.3: Measurement of suspended particulate matter in ambient air. Nairobi, UNEP/Geneva, WHO, 1994.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **APTI - Course 435- Atmospheric sampling**. Research Triangle Park, USEPA, 1983. (EPA 450/2-80-004)

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Air Quality Criteria for Particulate Matter**. 2012.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira Adaptada a um Sistema Universal**. IBGE, Rio de Janeiro, 1991.

**VICENTE, N. R. O Manejo Tradicional de Roça Itinerante em Florestas Secundárias: Um sistema que Conserva a Biodiversidade.**

Tese de doutorado para obtenção do título de doutor em Ciências, área de concentração em Recursos Genéticos Vegetais, pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

VICENT, J. H. **Pumps and Paraphernalia.** In: \_\_\_\_\_(Ed). Aerosol Sampling: Science, Standards, Instrumentation and Applications. Jonh Wiley & Sons Ltd., cap. 21, p. 519-535, 2007.

VILLAZÓN, R. A. M. **Avaliação do desempenho produtivo e ambiental da implementação de uma nova tecnologia de carvoejamento no município de Biguaçu/SC.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2013.

VILLAZÓN, R. A. M.; CARVALHO, A. F. de. **Qualidade do carvão vegetal no contexto da agricultura familiar na região sul do Brasil.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2014.

WILLIS, A. J.; KREWSKI, D.; JERRETT, M.; GOLDBERG, M. S.; BURNETT, R. T. **Selection of ecologic covariates in the American Cancer Society study.** Journal of Toxicology and Environmental Health, A66:1563–1590, 2003.

WOODRUFF, T. J.; AXELRAD, D. A.; KYLE, A. D.; NWEKE, O.; MILLER, G. G.; HURLEY, B. J. **Trends in environmentally related childhood illnesses.** Pediatrics. 113, 1133-40, 2004.

WOLTERBEEK, B. **Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives.** Environmental Pollution, v. 120, p. 11-21, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Effects of air pollution on children's health and development: a review of the evidence.** Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Air quality guideline. Global update 2005.** Copenhagen: WHO regional Office for Europe; 2006.

**YALLICO, Y. G. P. Reatividade comparativa de coque, carvão mineral, carvão vegetal, e coque verde de petróleo.** Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Departamento de Engenharia de Materiais. Rio de Janeiro -RJ, 108 f, 2011.

**YAMASOE, M. A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A. H.; ALLEN, A. G. Chemical composition of aerosol particles from direct emissions of biomass burnings in the Amazon Basin: Water-soluble species and trace elements.** Atmospheric Environment, v.34, p.1641 - 1653, 2000.

**ZUCHI, S. P. Avaliação Ergonômica do Trabalho na Atividade de Carvoejamento.** In: 1º Simpósio Brasileiro sobre Ergonomia e Segurança do Trabalho Florestal e Agrícola - ERGOFLOR, Belo Horizonte - MG, p. 33 - 47, 2000.



## ANEXO A - AGENTES QUÍMICOS E SEUS LIMITES DE TOLERÂNCIA

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m3**	
Acetaldeído			78	140	máximo
Acetato de cellosolve		+	78	420	médio
Acetato de éter monoetilico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetileno			Axfixante	simples	-
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)			-	0,04	máximo
Ácido etanóico (vide ácido acético)			-	-	-
Ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo
Ácido fórmico			4	7	médio
Ácido metanóico (vide ácido fórmico)			-	-	-
Acrilato de metila		+	8	27	máximo
Acrilonitrila		+	16	35	máximo
Alcool isoamílico			78	280	mínimo
Alcool n-butilico	+	+	40	115	máximo
Alcool isobutilico			40	115	médio
Alcool sec-butilico (2-butanol)			115	350	médio
Alcool terc-butilico			78	235	médio
Alcool etílico			780	1480	mínimo
Alcool furfurílico		+	4	15,5	médio
Alcool metil amílico (vide metil isobutil carbinol)			-	-	-
Alcool metílico		+	156	200	máximo
Alcool n-propílico		+	156	390	médio
Alcool isopropílico		+	310	765	médio
Aldeído acético (vide acetaldeído)			-	-	-
Aldeído fórmico (vide formaldeído)			-	-	-
Amônia			20	14	médio
Anidro sulfuroso (vide dióxido de enxofre)			-	-	-
Anilina		+	4	15	máximo
Argônio			Asfixante	simples	-
Arsina (arsenamina)			0,04	0,16	máximo
<b>Benzene</b>	<i>(Excluído pela Portaria n.º 03, de 10 de março de 1994)</i>				

## ANEXO A - AGENTES QUÍMICOS E SEUS LIMITES DE TOLERÂNCIA

(continuação)

Brometo de etila			156	695	máximo
Brometo de metila		+	12	47	máximo
Bromo			0,08	0,6	máximo
Bromoetano (vide brometo de etila)			-	-	-
Bromofórmio		+	0,4	4	médio
Bromometano (vide brometo de metila)			-	-	-
1,3 Butadieno			780	1720	médio
n-Butano			470	1090	médio
n-Butano (vide álcool n-butilico)			-	-	-
sec-Butanol (vide álcool sec-butilico)			-	-	-
Butanona (vide metil etil cetona)			-	-	-
1-Butanotiol (vide butil mercaptana)			-	-	-
n-Butilamina	+	+	4	12	máximo
Butil cellosolve		+	39	190	médio
n-Butil mercaptana			0,4	1,2	médio
2-Butóxi etanol (vide butil cellosolve)			-	-	-
Cellosolve (vide 2-etóxi etanol)			-	-	-
Chumbo			-	0,1	máximo
Cianeto de metila (vide acetonitrila)			-	-	-
Cianeto de vinila (vide acrilonitrila)			-	-	-
Cianogênio			8	16	máximo
Ciclohexano			235	820	médio
Ciclohexanol			40	160	máximo
Cloreto de carbonila (vide fosgênio)			-	-	-
Cloreto de etila			780	2030	médio
Cloreto de fenila (vide cloro benzeno)			-	-	-
Cloreto de metila			78	165	máximo
Cloreto de metileno			156	560	máximo
Cloreto de vinila	+		156	398	máximo
Cloreto de vinilideno			8	31	máximo
Cloro			0,8	2,3	máximo
Clorobenzeno			59	275	médio
Clorobromometano			156	820	máximo
Cloroetano (vide cloreto de etila)			-	-	-
Cloroetilico (vide cloreto de vinila)			-	-	-
Clorodifluometano (freon 22)			780	2730	mínimo
Clorofórmio			20	94	máximo
1-Cloro 1-nitropropano			16	78	máximo
Cloroprene		+	20	70	máximo
Cumeno		+	39	190	máximo
Decaborano		+	0,04	0,25	máximo
Demeton		+	0,008	0,08	máximo
Diamina (vide hidrazina)			-	-	-
Diborano			0,08	0,08	máximo
1,2-Dibromoetano		+	16	110	médio
o-Diclorobenzeno			39	235	máximo
Diclorodifluometano (freon 12)	+		780	3860	mínimo
1,1 Dicloroetano			156	640	médio
1,2 Dicloroetano			39	156	máximo
1,1 Dicloroetileno (vide cloreto de vinilideno)			-	-	-
1,2 Dicloroetileno			155	615	médio
Diclorometano (vide cloreto de metilino)			-	-	-
1,1 Dicloro-1-nitroetano	+		8	47	máximo
1,2 Dicloropropano			59	275	máximo
Diclorotetrafluoretano (freon 114)			780	5460	mínimo
Dietil amina			20	59	médio
Dietil éter (vide éter etílico)			-	-	-

## ANEXO A - AGENTES QUÍMICOS E SEUS LIMITES DE TOLERÂNCIA

(continuação)

2,4 Diisocianato de tolueno (TDI)	+		0,016	0,11	máximo
Diisopropilamina		+	4	16	máximo
Dimetilacetamida		+	8	28	máximo
Dimetilamina			8	14	médio
Dimetilformamida			8	24	médio
l,l Dimetil hidrazina		+	0,4	0,8	máximo
Dióxido de carbono			3900	7020	mínimo
Dióxido de cloro			0,08	0,25	máximo
Dióxido de enxofre			4	10	máximo
Dióxido de nitrogênio	+		4	7	máximo
Dissulfeto de carbono		+	16	47	máximo
Estibina			0,08	0,4	máximo
Estireno			78	328	médio
Etanol (vide acetaldeído)					
Etano			Asfixiante	simples	
Etanol (vide etílico)					
Etanotiol (vide etil mercaptana)					
Éter decloroetilico		+	4	24	máximo
Éter etílico			310	940	médio
Éter monobutílico do etileno glicol (vide butil cellosolve)			—	—	—
Éter monoetilico do etileno glicol (vide cellosolve)			—	—	—
Éter monometílico do etileno glicol (vide metil cellosolve)					
Etilamina			8	14	máximo
Etilbenzeno			78	340	médio
Etileno			Asfixiante	simples	
Etilenoimina		+	0,4	0,8	máximo
Etil mercaptana			0,4	0,8	médio
n-Etil morfina		+	16	74	médio
2-Etoxietanol		+	78	290	médio
Fenol		+	4	15	máximo
Fluorotriclorometano (freon 11)			780	4370	médio
Formaldeído (formol)	+		1,6	2,3	máximo
Fosfina (fosfamina)			0,23	0,3	máximo
Fosgênio			0,08	0,3	máximo
Freon 11 (vide flortriclorometano)			—	—	—
Freon 12 (vide diclorodiflormetano)			—	—	—
Freon 22 (vide clorodifluormetano)			—	—	—
Freon 113 (vide 1,1,2,1,1,2,1,1,2,2,2-trifluoretano)			—	—	—
Freon 114 (vide declorotetrafloretano)					

## ANEXO A - AGENTES QUÍMICOS E SEUS LIMITES DE TOLERÂNCIA

(continuação)

Gás carbônico (vide dióxido de carbono)					
Gás cianídrico (vide ácido cianídrico)					
Gás clorídrico (vide ácido clorídrico)					
Gás sulfídrico			8	12	máximo
Hélio			Asfixiante	simples	
Hidrazina		+	0,08	0,08	máximo
Hidreto de antimônio (vide estibina)					
Hidrogênio			Asfixiante	simples	
Isobutanol (vide álcool isobutílico)					
Isopropilamina			4	9,5	médio
Isopropil benzeno (vide cumeno)					
Mercurio (todas as formas exceto orgânicas)				0,04	máximo
Metacrilato de metila			78	320	mínimo
Metano			Asfixiante	simples	
Metanol (vide álcool metílico)					
Metilamina			8	9,5	máximo
Metil cellosolve		+	20	60	máximo
Metil ciclohexanol			39	180	médio
Metilclorofórmio			275	1480	médio
Metil demeton		+		0,4	máximo
metil etil cetona			155	460	médio
Metil isobutilcarbinol		+	20	78	máximo
Metil mercaptana (metanotiol)			0,04	0,8	médio
2-Metoxi etanol (vide metil cellosolve)					
Monometil hidrazina	+	+	0,16	0,27	máximo
Monóxido de carbono			39	43	máximo
Negro de fumo <sup>(1)</sup>				3,5	máximo
Neônio			Asfixiante	simples	
Níquel carbonila (níquel tetracarbonila)			0,04	0,28	máximo
Nitrato de n-propila			20	85	máximo
Nitroetano			78	245	médio
Nitrometano			78	195	máximo
1 - Nitropropano			20	70	médio
2 - Nitropropano			20	70	médio
Óxido de etileno			39	70	máximo

(1) (Incluído pela Portaria DNSST n.º 09, de 09 de outubro de 1992)

Óxido nítrico (NO)			20	23	máximo
Óxido nítrico (N <sub>2</sub> O)			Asfixiante	simples	-
Ozona			0,08	0,16	máximo



## ANEXO A - AGENTES QUÍMICOS E SEUS LIMITES DE TOLERÂNCIA

(continuação)

Pentaborano			0,004	0,008	máximo
n-Pentano		+	470	1400	mínimo
Percloroetileno			78	525	médio
Piridina			4	12	médio
n-propano			Asfixiante	simples	-
n-Propanol (vide álcool n-propílico)			-	-	-
iso-Propanol (vide álcool isopropílico)			-	-	-
Propanona (vide acetona)			-	-	-
Propileno			Asfixiante	simples	-
Propileno imina		+	1,6	4	máximo
Sulfato de dimetila	+	+	0,08	0,4	máximo
Sulfeto de hidrogênio (vide gás sulfídrico)			-	-	-
Systox (vide demeton)			-	-	-
1,1,2,2,Tetrabromoetano			0,8	11	médio
Tetracloroeto de carbono		+	8	50	máximo
Tetracloroetano		+	4	27	máximo
Tetracloroetileno (vide percloroetileno)			-	-	-
Tetrahidrofurano			156	460	máximo
Tolueno (toluol)		+	78	290	médio
Tolueno-2,4-diisocianato (TDI) (vide 2,4 diisocianato de tolueno)			-	-	-
Tribromometano (vide bromofórmio)			-	-	-
Tricloroeto de vinila (vide 1,1,2 tricloroetano)			-	-	-
1,1,1 Tricloroetano (vide metil clorofórmio)			-	-	-
1,1,2 Tricloroetano		+	8	35	médio
Tricloroetileno			78	420	máximo
Triclorometano (vide clorofórmio)			-	-	-
1,2,3 Tricloropropano			40	235	máximo
1,1,2 Tricloro-1,2,2 trifluoretano (freon 113)			780	5930	médio
Trietilamina			20	78	máximo
Trifluoromonobromometano			780	4760	médio
Vinibenzeno (vide estireno)			-	-	-
Xileno (xilol)		+	78	340	médio

Fonte: Adaptado da NR 15/1978.

\* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

\*\* mg/m3 - miligramas por metro cúbico de ar.



## ANEXO B - CERTIFICADO DE ENSAIO DE DESEMPENHO



Tel.: (11) 3016-9191  
E-mail: [faster@fasteronline.com.br](mailto:faster@fasteronline.com.br)  
Web-site: [www.fasteronline.com.br](http://www.fasteronline.com.br)

### CERTIFICADO DE ENSAIO DE DESEMPENHO – CED0130

#### CLIENTE

Nome: Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto  
Endereço: R. Durval Pires da Cunha, 100 – Sambaqui – Florianópolis/SC – CEP 88051-150

#### EQUIPAMENTO

**Categoria:** Bomba de amostragem de ar  
**Modelo:** Airlite  
**Número de série:** A060158  
**Fabricante:** SKC  
**Código:** 110-100  
**Identificação/TAG:** Não disponível

#### INSTRUMENTAÇÃO

Instrumento	Identificação	Certificado	Emitente	Validade
Manômetro Analógico	FS-001	LV-26285-14-R0	Visomes – RBC	Ago-16
Medidor digital de vazão	FS-003	139179-101	IPT – RBC	Jul-16
Termômetro digital	FS-004	37942/1	Testo – RBC	Ago-16
Higrômetro digital	FS-004	37942/2	Testo – RBC	Ago-16
Barômetro digital	FS-004	N/A	N/A	N/A
Cronômetro digital	FS-005	N/A	N/A	N/A
Estação para ensaio em bombas de amostragem	FS-006	N/A	N/A	N/A

#### INFORMAÇÕES DO ENSAIO

**DATA DA EXECUÇÃO:** 25/06/2015

**Procedimento:** Ensaio de desempenho em bombas de amostragem de ar. Método não normatizado, baseado em especificações do fabricante, na NHO07 da Fundacentro e adaptado para uso em laboratório, conforme a instrução de trabalho ITFS-001.

**Condições ambientais encontradas durante o ensaio:**

Temperatura (°C)	Umidade (%RH)	Pressão atmosférica (hPa)
19,3	63,4	941,6

**Local do ensaio:** Ensaio de desempenho realizado nas dependências do laboratório da Faster

#### Observações gerais:

- 1) Os resultados apresentados nesse certificado de ensaio de desempenho referem-se à média dos valores encontrados sob as condições ambientais especificadas.
- 2) O ensaio de desempenho realizado nas bombas de amostragem não substitui ajustes que o usuário venha realizar em função da coleta, vazão e volumes pretendidos.
- 3) Este certificado de ensaio de desempenho é válido única e exclusivamente para o equipamento supracitado, não sendo aplicável a qualquer outro, mesmo que similar ou congênere.
- 4) O fator de abrangência aplicada nos ensaios corresponde a  $k=2,00$ , gerando assim um nível de confiança de aproximadamente 95%.
- 5) Este certificado de ensaio de desempenho só pode ser reproduzido mediante autorização expressa do signatário ou autorização por escrito, devidamente assinada e carimbada, emitida pela Faster Comércio e Soluções Tecnológicas Ltda-EPP. Qualquer tipo de reprodução para divulgação sem autorização expressa, implicará em punições previstas em lei.

1/2

Faster Comércio e Soluções Tecnológicas Ltda  
CNPJ: 12.163.962/0001/40 – I.E: 147.300.145.115  
Rua Itapeva, 26 – Sala 501 – Bela Vista  
01332-000 – São Paulo – SP



Tel.: (11) 3016-9191  
E-mail: [faster@fasteronline.com.br](mailto:faster@fasteronline.com.br)  
Web-site: [www.fasteronline.com.br](http://www.fasteronline.com.br)

## **CERTIFICADO DE ENSAIO DE DESEMPENHO – CED0130**

### **RESULTADOS**

#### **ENSAIO DO CONTROLE DA ESTABILIDADE DE VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRESSÃO**

Vazão pretendida (ml/min)	Pressão de entrada (inH <sub>2</sub> O)	Limite mínimo especificado (ml/min)	Vazão encontrada no equipamento (ml/min)	Limite máximo especificado (ml/min)	Desvio padrão (%)
3000	0	--	3017,5	--	
3000	10	2850	3005,2	3150	0,2%
2000	0	--	2002,1	--	
2000	10	1900	1976,8	2100	-1,2%
2000	20	1900	2027,8	2100	1,4%
1000	0	--	1005,7	--	
1000	10	950	1006,3	1050	0,6%
1000	30	950	1026,9	1050	2,7%

#### **ENSAIO DO CONTROLE DA ESTABILIDADE DE VAZÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO**

Vazão pretendida (ml/min)	Pressão de entrada (inH <sub>2</sub> O)	Vazão encontrada no equipamento (ml/min)	Tempo decorrido (min)	Desvio padrão (%)
2000	20	2004,7	0	0,2%
2000	20	1998,7	10	-0,1%
2000	20	1996,3	20	-0,2%
2000	20	1988,1	30	-0,6%

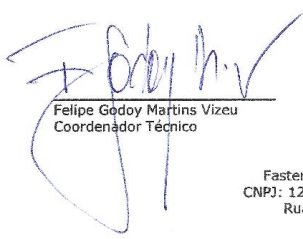
4

#### **OUTROS TESTES COMPLEMENTARES**

Vazão máxima medida (ml/min)	3904,2
Desligamento automático por falha de fluxo	OK
Teste de vazamento	OK

### **OBSERVAÇÕES:**

- 1) Os limites de tolerância ( $\pm 5\%$ ) estão de acordo com o especificado pelo fabricante e pela NHO07/Fundacentro.

  
Felipe Godoy Martins Vizeu  
Coordenador Técnico

Faster Comércio e Soluções Tecnológicas Ltda  
CNPJ: 12.163.962/0001/40 – I.E: 147.300.145.115  
Rua Itapeva, 26 – Sala 501 – Bela Vista  
01332-000 – São Paulo – SP

## ANEXO C - POSICIONAMENTO DO SISTEMA DE COLETA



Fonte: NHO 08.



APÊNDICE A - FORMULÁRIO DE REGISTRO PARA ANOTAÇÕES REFERENTES A COLETA

DADOS DE COLETA									
Atividade Avaliada	Individual			Estática	Responsável pela coleta		Data da Coleta		
Tipo de Coleta	Total				Nome do trabalhador		Código do filtro		
Fração Coletada					Nº da Bomba de Amostragem		Horário de trabalho		
Tempo de Coleta									
Horário	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Tempo Total (min)				
Liga									
Desliga									
Subtotal t (min)									
Vazão Média (L/min)					Observações feitas no local				
Volume de ar amostrado (m³)					Temperatura				
Massa Inicial (mg)					Umidade				
Massa Final (mg)									
Massa líquida (mg)									
Concentrações (mg/m³)									
C <sub>MPT</sub> (mg/m³)									





**APÊNDICE B - TABELA COM OS RESULTADOS DAS  
COLETAS, COM AS RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES  
PONDERADAS MÉDIAS PARA CADA AMOSTRAGEM**

Filtro Nº	Data da coleta	Massa da amostra em [mg]	Tempo de amostragem [min]	Volume de ar amostrado [m³]	Concentração da amostra [mg/m³]	Concentração Média Ponderada pelo Tempo [mg/m³]	Concentração Média Ponderada pelo Tempo [µg/m³]
1	27/ago	11	60	0,12	91	366	365926
2		73	60	0,12	610		
3		15	15	0,03	487		
4	28/ago	13	60	0,12	107	105	105000
5		12	60	0,12	103		
7	01/set	22	60	0,12	180	186	185972
8		23	60	0,12	192		
9	01/set	33	60	0,12	278	309	309028
10		41	60	0,12	340		
11	11/set	54	60	0,12	447	395	394861
12		41	60	0,12	343		
13	17/set	36	60	0,12	303	330	329943
14		44	60	0,12	370		
15		15	25	0,05	300		
16	29/set	34	60	0,12	285	282	281609
17		44	70	0,14	313		
18		4	15	0,03	121		
20	15/out	16	60	0,12	133	130	130139
21		15	60	0,12	127		



**APÊNDICE C - UMIDADES, TEMPERATURAS MÁXIMAS,  
TEMPERATURAS MÍNIMAS E CONCENTRAÇÕES MÉDIAS  
PONDERADAS PELO TEMPO DE MATERIAL PARTICULADO NAS  
DATAS DE COLETAS**

<b>Amostra</b>	<b>Concentração Média Ponderada pelo Tempo de MP [mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Datas de coleta</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Temperatura Máxima (°C)</b>	<b>Temperatura Mínima (°C)</b>
<b>1</b>	366	27/08/2015	80	25,4	17,5
<b>2</b>	105	28/08/2015	66	22,8	12,1
<b>3</b>	186	01/09/2015	79	23,6	18,4
<b>4</b>	309	01/09/2015	79	23,6	18,4
<b>5</b>	395	11/09/2015	84	22,2	14,7
<b>6</b>	330	17/09/2015	84	23,0	19,3
<b>7</b>	282	29/09/2015	67	25,4	16,1
<b>8</b>	130	15/10/2015	89	25,8	20,3

Fonte: Elaborada pela autora, a partir de dados de umidade, temperatura máxima e temperatura mínima do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015).